



OC2719 Prosperpolder Zuid: uitvoeren van
een archeologisch onderzoek
2015- 2016

In opdracht van het Gemeentelijk
Havenbedrijf Antwerpen

EINDRAPPORT

Project:

Prosperpolder Zuid: geofysische bodemscan in het kader van het uitvoeren van een archeologisch onderzoek

Opdrachtgever:

GEMEENTELIJK HAVENBEDRIJF ANTWERPEN
Dienst Infrastructuur
Havenhuis, Entrepotkaai 1
2000 Antwerpen, België

Uitvoering:

Onderzoeksgroep Ruimtelijke Bodeminventarisatie (ORBit) - Universiteit Gent (UGent)

Ghent Archaeological Team bvba - GATE

Rapportering:

dr. ir. Timothy Saey
Pieter Laloo
Machteld Bats
Jasmine Cryns
Ruben Vergauwe
Jasper Deconynck
dr. Jeroen Verhegge
dr. Frédéric Cruz

Contactgegevens

Onderzoeksgroep Ruimtelijke Bodeminventarisatie (ORBit)
Prof. dr. ir. Marc Van Meirvenne
Vakgroep Bodembeheer
Coupure Links 653
9000 Gent
Tel. +32 (0)9264.6056
Fax +32 (0)9264.6247

Uitvoerders van de opdracht:

Dr. ir. Timothy Saey
Valentijn Van Parys
Ir. Bram Vandekerckhove
Pieter Laloo
Machteld Bats
Dr. Frédéric Cruz

Dr. Jeroen Verhegge
Jasmine Cryns
Ruben Vergauwe
Jasper Deconynck

Data veldwerk:

Geofysisch onderzoek : 16, 18, 20 en 23 november 2015; 3, 8, 10, 12, 15 en 21 december 2015; 26 januari 2016 en 17 en 26 februari 2016

CPT-onderzoek : Fase 1 : juli 2015

Fase 2 : 03 t.e.m. 10 maart 2016

Begemannboringen : augustus 2015

Archeologische boringen Fase 1 : januari – februari 2016; Fase 2 : april

Controlesleuvenonderzoek : januari en maart 2016

Geoprobeboringen : 15 en 16 maart 2016

Datum rapportage:

16 maart 2016

6 september 2016

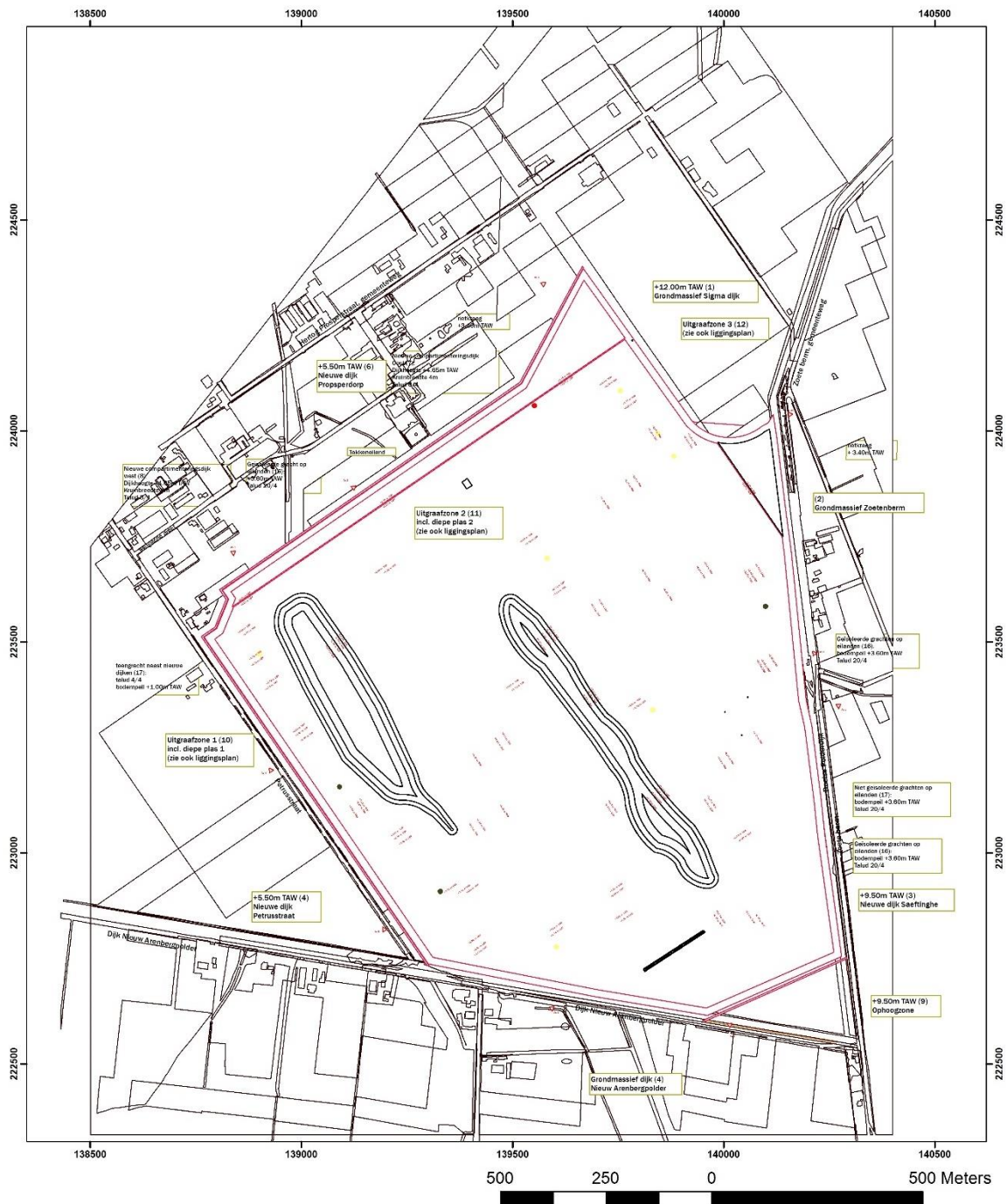
PROSPERPOLDER – evaluatienota en advies

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding	p.4
2. Verloop en fasering van het onderzoek	p.6
3. Situering van het projectgebied in tijd en ruimte	p.8
4. Geofysisch onderzoek	p.16
5. Landschappelijk onderzoek	p.53
6. Archeologisch booronderzoek	p.82
7. Controlesleuvenonderzoek	p.102
8. Conclusie en advies	p.117
9. Bibliografie	p.118
10. Bijlagen	p.120

1. Inleiding

Het ca. 170ha grote projectgebied Prosperpolder-Zuid wordt door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen heringericht van landbouwgebied tot een natuurgebied met dijken, plassen, grachten, eilanden, stuwen, overlopen en in- en uitlaatconstructies. Het natuurgebied dient te worden aangelegd als compensatie voor de uitbreiding van het Verrebroekdok en de opgave van de Verrebroekse Plassen. Deze werken kaderen binnen het GRUP 'Uitbreiding havengebied Antwerpen'.



Figuur 1.1 : vereenvoudigd inrichtingsplan voor het gebied Prosperpolder Zuid

Prosperpolder-Zuid bevindt zich in de Scheldepolders. Archeologisch onderzoek in het verleden heeft reeds veelvuldig aangetoond dat deze regio een zeer hoog potentieel heeft aan archeologisch erfgoed. De landschapsdynamiek, met name de overstromingen en de indijkingen hebben er voor gezorgd dat veen en

alluviale sedimenten de vindplaatsen afdekken. Hierdoor zijn ze moeilijker detecteerbaar, maar anderzijds wel goed bewaard gebleven.

Gezien de inrichtingswerken inhouden dat er twee grote kunstmatige geulen worden gegraven (zie fig. 1.1). Deze geulen hebben schuine wanden en worden op hun diepste punt tot op 0,00m TAW aangelegd. Dit impliceert een vergraving ten opzichte van het actuele maaiveld van ca. 3,7 à 3,9m diep.

Omwille van deze impact op de bodem en het erfgoed dat daar potentieel in aanwezig is, werd een gefaseerd archeologisch vooronderzoek uitgeschreven voorafgaand aan de werken.

Het Gemeentelijke Havenbedrijf Antwerpen stelde de Onderzoeksgroep Bodeminventarisatietechnieken van de Universiteit Gent en GATE aan voor de uitvoering van deze opdracht.

2. Verloop en fasering van het onderzoek

In eerste instantie werd er door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen en Onroerend Erfgoed voor geopteerd om een eerste testfase in te lassen om de vooropgestelde methodiek te evalueren. In deze testfase werd een centrale rechthoekige strook van 53 ha onderzocht door middel van een gefaseerd onderzoek.

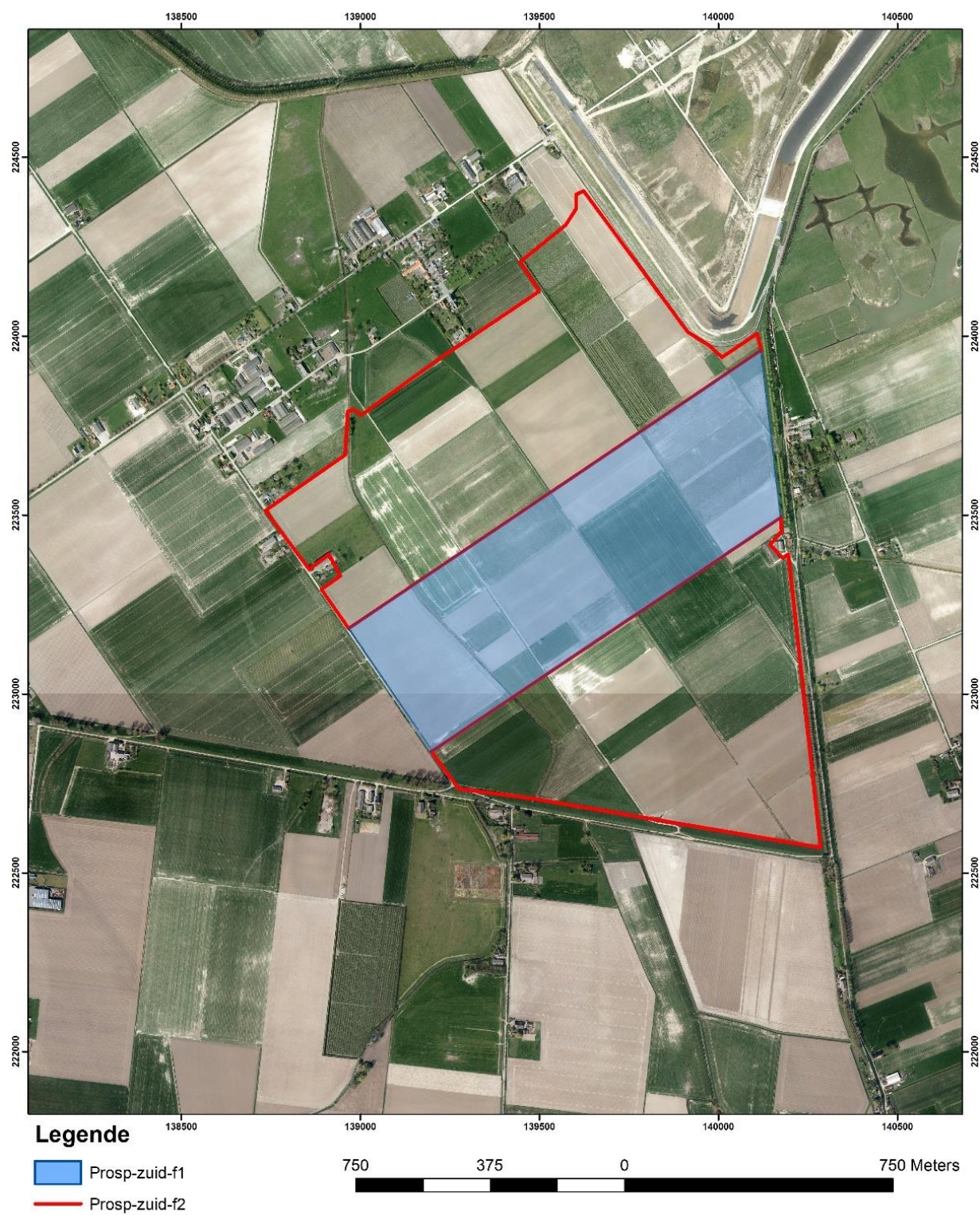
Hierbij werd deze strook eerst onderworpen aan een geofysische survey. Door middel van elektromagnetische inductie (EMI) dienden zowel landschappelijke fenomenen als archeologische sporen en structuren gekarteerd te worden. Een volgende stap bestond er uit om de landschappelijke data uit het geofysisch onderzoek te verifiëren door middel van elektrische sonderingen en (mechanische) landschappelijke boringen. Op basis van zowel de EMI-data als de gegevens uit het sondeer- en booronderzoek kon een ondergrondmodel worden opgesteld. Uit dit ondergrondmodel kwamen de zones naar voor met een potentieel voor bewaring van steentijdvindplaatsen. Als deze zones samenvielen met de geplande diepe ingrepen in kader van de herinrichtingswerken dan werd geadviseerd om daarin verder archeologisch booronderzoek (fase 2) uit te voeren.

Fase 1, zijnde EMI-, sondeer- en mechanisch booronderzoek binnen de 53ha grote centrale zone, werd uitgevoerd in de zomer van 2015 (periode juli – augustus). Na een positieve evaluatie van fase 1 werd het tweede deel van de opdracht midden november 2015 gegund.

Fase 2 bestond er uit om de resterende 117ha van het Prosperpolder-Zuid-gebied net als in Fase 1 te onderwerpen aan een gefaseerde opeenvolging van EMI-survey, elektrische sonderingen en mechanische landschappelijke boringen. Tevens werd toestemming verkregen om het geadviseerd archeologisch booronderzoek binnen het gebied van Fase 1 uit te voeren. Door de diepte van de te bemonsteren lagen en de aard van het afdekkend alluviaal sediment was het noodzakelijk om die archeologische boringen ook mechanisch uit te voeren.

Tot slot moesten de door middel van geofysisch onderzoek gedetecteerde sporen en structuren uit latere periodes (middeleeuwen en jonger) ook door middel van controlesleuven benaderd te worden voor zover dit technisch en veiligheidshalve mogelijk was.

Fase 2 werd opgestart midden november. Omwille van de natte en winterse omstandigheden kon het onderzoek niet in één beweging uitgevoerd worden. De laatste velden werden begin maart 2016 geofysisch gescand. Ondertussen vond het archeologisch booronderzoek binnen de zone van Fase 1 plaats van eind januari tot eind februari 2016. De controlesleuven (fase 1 én 2) werden aangelegd in januari en begin maart. De elektrische sonderingen binnen het gebied van Fase 2 konden 2 maart 2016 aangevat worden en op 9 maart werd dat onderzoek beëindigd. Op 15 en 16 maart ten slotte werden 7 mechanische landschappelijke boringen uitgevoerd ter aanvulling van het sondeeronderzoek binnen de zone van Fase 2.



Figuur 2.1 : plan met aanduiding fases

3. Situering van het projectgebied in tijd en ruimte

3.1 Geografische en landschappelijke situering

3.1.1 Geografische situering

Het projectgebied Prosperpolder-Zuid situeert zich net ten zuiden van de dorpskern van Prosper, in het noorden van de gemeente Beveren, net voor de Nederlandse grens. Het gebied wordt in het zuiden begrensd door de dijk van Nieuw-Arenbergpolder, de Petrusstraat vormt de westelijke grens, de Zoetenberm de oostelijke.

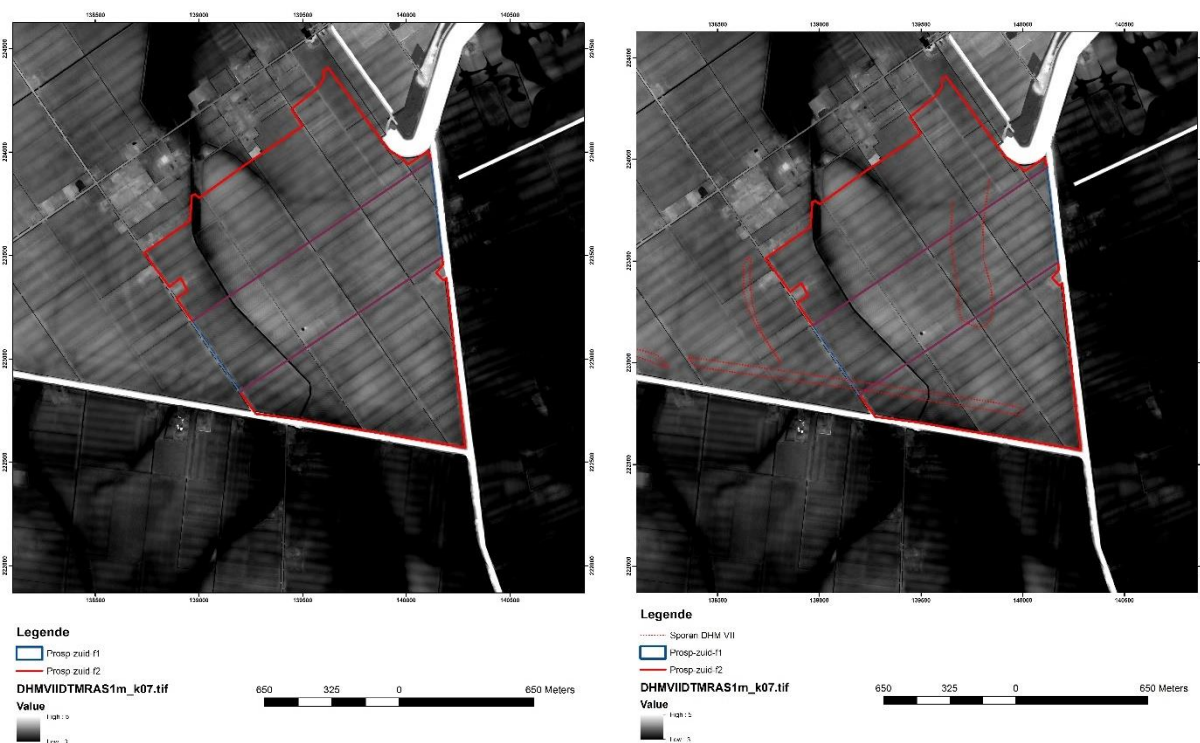
3.1.2 Topografie

Het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen II (fig. 3.1) geeft voor het projectgebied geringe hoogteverschillen aan. Over het algemeen zijn binnen het terrein TAW-hoogtes aanwezig die zich situeren tussen 3,3 en 4,2 m TAW. Die lagere TAW-hoogtes bevinden zich dan vooral aan de rand van een gracht. Het TAW-gemiddelde binnen het gebied draait eerder rond de 3,8m TAW. Hiermee ligt het gebied opvallend hoger dan de gebieden binnen de omliggende polders. Bijvoorbeeld ten oosten van de Zoetenberm in de Doelpolder liggen de TAW-waarden rond de 3 m TAW of lager. In de Nieuw-Arenbergpolder bevindt het maaiveld zich tussen 2,45 en 3,45m TAW.

Deze hogere ligging is te wijten aan de latere inpoldering van de Prosperpolder ten opzichte van de omliggende polders (zie 3.2).

De dijken die de oostelijke en zuidelijke begrenzing vormen van het gebied, respectievelijk de Zoetenberm en de dijk van de Nieuw Arenbergpolder bereiken TAW-hoogtes van 7 en 7,29 m.

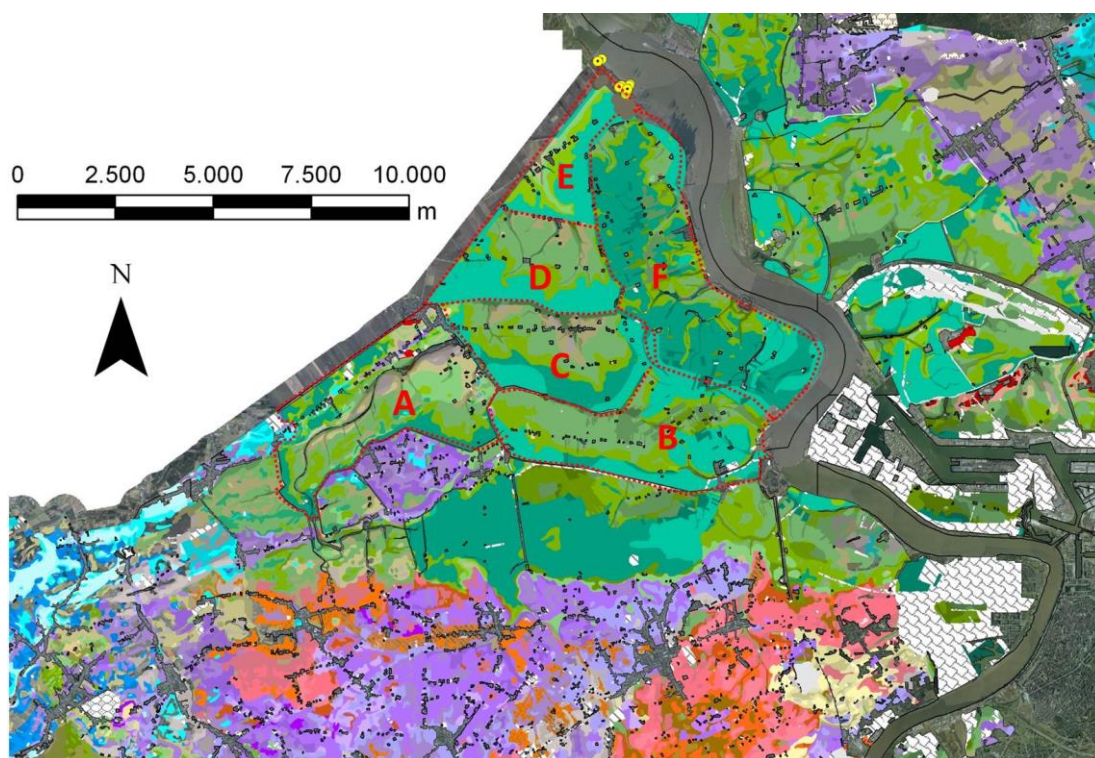
Net ten noorden van de Nieuw-Arenbergdijk is een lichte langgerekte opduiking waarneembaar op het DHM die met het blote oog niet waarneembaar is in het veld. Deze lichte verhevenheid komt later verder aan bod in dit verslag. Verder is er ook een brede, min of meer noord-zuid georiënteerde strook die iets lager ligt ten opzichte van de omliggende gronden.



Figuur 3.1 : DHM VII ter hoogte van het studiegebied met aanduiding van de lichte verhevenheid en lager gelegen strook

3.1.3 Bodemkunde en geologie

Op de bodemkaart van België zijn de belangrijkste Linkeroeverpolders relatief gemakkelijk af te lijnen (zie Figuur 3.2). De kaart geeft de situatie weer bij de laatste indijking. Helaas geeft de bodemkaart vooral informatie over de bovenste 125 centimeter sediment en weinig informatie over de onderliggende sedimenten. De polders kennen een zeer turbulent verleden onder meer gekenmerkt door grote stormvloeden met dijkdoorbraken, indijkingen en herindijkingen. Oorlogen met dijkdoorbraken, het graven van kanalen en verdedigingsstructuren, enz. hebben gedurende eeuwen of zelfs langer het landschap van de linkeroever getransformeerd. In het werk van Guns (2008) wordt de geschiedenis van de polders van Linkeroever in detail opgetekend. Deze informatie is belangrijk om de complexiteit van de bodemopbouw en de graad van bodemontwikkeling beter te begrijpen. Als gevolg van dijkdoorbraken geraakten de polders telkens opnieuw overstroomd en werden nieuwe sedimenten bovenop de oude afgezet. Deze nieuwe sedimenten bevatten kalk en andere belangrijke macro- en micronutriënten, maar door het waterrijke afzettingssmilieu zijn de nieuwe sedimenten ook onrijp. Langdurige inundatiefasen betekenden ongetwijfeld een complete hertekening van het landschap en inpolderingen creëerden de mogelijkheid om een nieuw cultuurlandschap (wegennet, bewoningszones, enz.) aan te leggen.

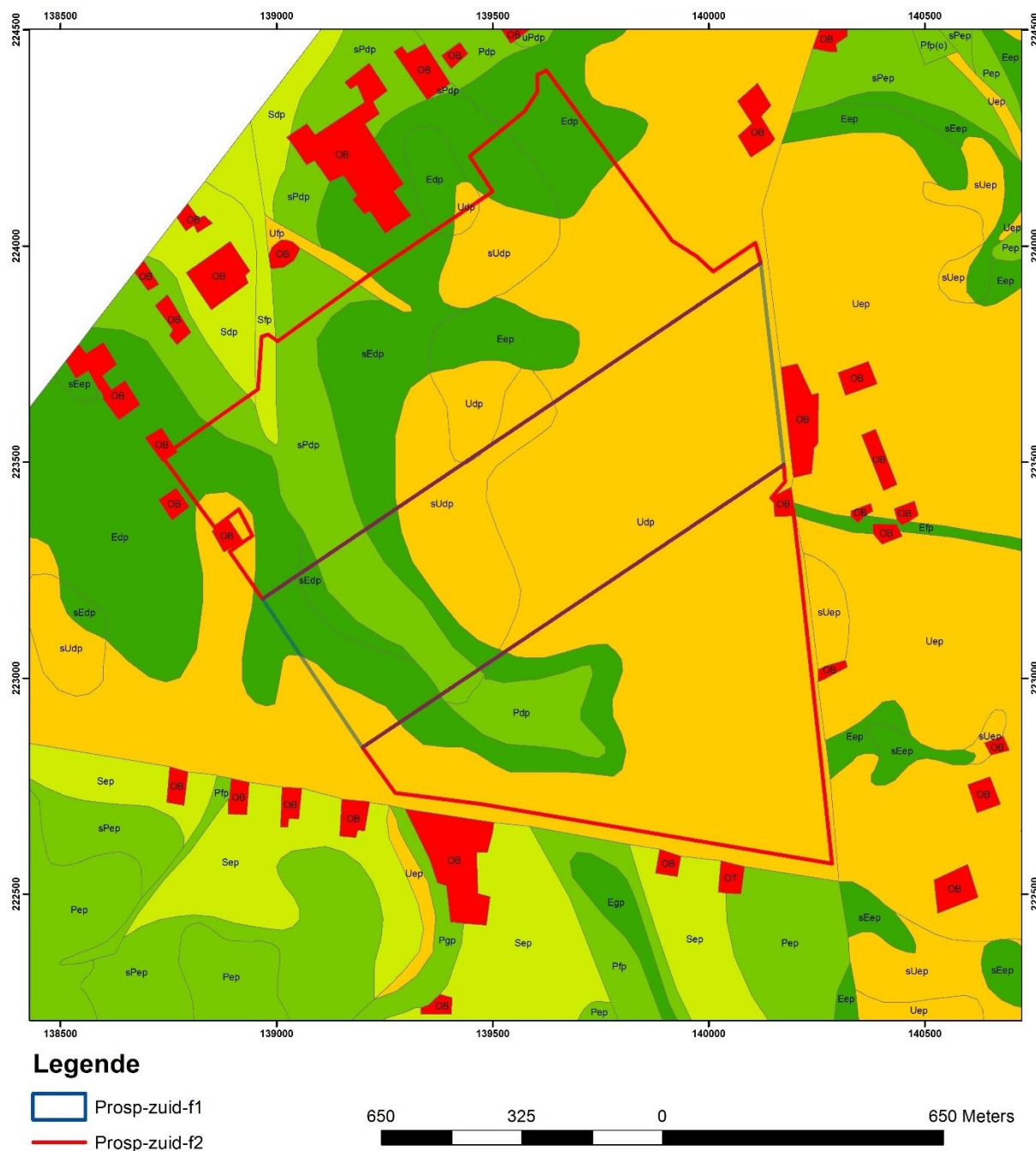


Figuur 3.2 Regionaal zicht op de polderbodems op Linkeroever bij Antwerpen. A: Polders van Kieldrecht; B: St Nicolas polder en Callooppolder (vandaag de Waaslandhaven); C: Oud-Arenbergpolder; D: Nieuw-Arenbergpolder; E: Prosperpolder; F: een conglomeraat van noord naar zuid bestaande uit Paardenschorpolder, Doelpolder, Kleine-Doelpolder, St Annapolder en Ketenissepolder.

Eind 18^{de} eeuw bij de opmaak van de Ferrariskaart (1777) waren de polders Doelpolder, Kleine-Doelpolder, St.-Annapolder, Ketenissepolder en Oud-Arenbergpolder ingedijkt. De dijk bedoeld om de Nieuw-Arenbergpolder droog te leggen, is duidelijk te zien op de Ferraris-kaart. Op deze kaart werd eveneens de getijdengeul weergegeven die de schorren overstroomt waar de Nieuw-Arenbergpolder en de westelijke kant van de Prosperpolder nu liggen. Het deel van de geul gelegen ter hoogte van de Nieuw-Arenbergpolder is eveneens perfect terug te vinden op de bodemkaart van België.

Als gevolg van de inpoldering van de Nieuw-Arenbergpolder werd het overstromingsgebied kleiner en begon de verdere opslibbing van de schorren en slikken aan de buitenkant van de dijk. Het geulensysteem bleef waarschijnlijk in grote lijnen bestaan. Eens deze schorren voldoende opgehoogd waren, werd de Prosperpolder ingedijkt. Dit gebeurde in 1846-1847 (Van Braeckel et al. 2006, 122).

Op bodemkaart ter hoogte van de Prosperpolder (figuur 3.3) valt af te lezen dat het merendeel van de gronden gekarteerd staat als zware klei (U)-gronden. Enkel ter hoogte van de loop van een oude 19^{de} eeuwse geul, waarvan het rest actueel nog aanwezig in het terrein als gracht, zijn de gronden aangeduid als lichte zandleembodems (P), met aan de rand kleigrond (E).



Figuur 3.3 : uitsnede van de bodemkaart ter hoogte van het projectgebied Prosperpolder Zuid

3.2 Historische kennis over het gebied

Voor de late middeleeuwen zijn cartografische bronnen voor het gebied beschikbaar die het bestaan van enkele relicten in dit gebied aangeven. Tijdens het landschapshistorisch onderzoek in functie van de 'Ruraal Erfgoed Linkeroever' (Wauters 2012) zijn de hoofdlijnen van de verscheidene inpolderingsfasen inmiddels duidelijk

geworden. Belangrijke bronnen voor deze literatuurstudie waren Augustyn (1977), Van Gerven (1977), De Kraker (2004), Gottschalk (1984) en Wolters (1869).

3.2.1. 12-15e eeuw: open veenmoerassen met ontginningslandschap

Over de eerste middeleeuwse ontginningsfase bestaat nog veel onduidelijkheid. In de middeleeuwen viel het studiegebied grotendeels onder de heerlijkheid Beveren, tot 1335 in handen van de dynastie van de heren van Beveren. Augustyn (1985) analyseerde het ontstaan van Kieldrecht en Verrebroek als systematisch ontwikkelde ontginningsdorpen, ontstaan op initiatief van de heren van Beveren, en in de eerste plaats gericht op de ontginning van de uitgestrekte moeren in de omgeving van beide kernen die gesitueerd waren op hoger gelegen zandige opduikingen, te midden van moerassige gebieden (Wauters et al. 2012, 5).

De precieze chronologie en geografie van de veenontginningen zijn moeilijk exact vast te stellen. Naar analogie met bodemkundig onderzoek in naburige gebieden kunnen we vermoeden dat het veen meer landinwaarts dagzoomde tot in de late middeleeuwen (en we dus van open veenmoerassen kunnen spreken), terwijl het veen meer richting Schelde ook rond 1300 al bedekt was met sediment uit de Schelde. Wanneer we rond 1570 voor het eerst een nauwkeurig inzicht krijgen in de geografie van het studiegebied, treffen we dit middeleeuwse (veen-)ontginningslandschap nog aan in het noordwestelijke deel van het gebied (overeenkomend met delen van de Prosper- en Nieuw-Arenbergpolders) onder de vorm van de 'moeren' van Casuwele en Ter Venten (Wauters et al. 2012, 5-6).

3.2.2. 1567: De slijkkoop. Het projectgebied werd ingedijkt door de oude Doeldijk en de Luyspolder

Tussen 1567 en 1583 lag het gebied van de Prosperpolder in de oude polder van Doel (Oude Doel-polder °1567 †1583) en het Luys (°1567 †1583). Gedreven door geldnood, en na zorgvuldig lobbywerk van een groep investeerders met banden in de Bourgondische administratie, verkocht hertog Filips de Goede in 1431 de 'schorren' tussen Kieldrecht-dorp in het westen, de Molendijk en het moer van Ter Venten in het noorden, de Schelde in het oosten, en het reeds eerder bedijkte Melsele- en Beverenbroek in het zuiden (Wauters et al. 2012, 6). Deze gebeurtenis stond bekend als de zoge-naamde Slijkkoop of de Grote Koop van Aandorp. Als gevolg van deze Slijkkoop werden in de 15de eeuw verschillende polders aangelegd, nl.: de Oude Polder van Kieldrecht, de polders van Aan-dorp, de polders van Sint-Anthonis-Zuid en Sint-Anthonis-Noord en uiteindelijk Doelpolder in 1567. Deze grootschalige werken dienden voor een verbeterde drainage en bedijking om een intensievere vorm van grondgebruik, met name akkerbouw, mogelijk te maken (Soens & Jongepier 2015a, 9).



Figuur 3.4 Landschapsreconstructie van het studiegebied: laatmiddeleeuwse inpolderingsfase c. 1570 (GIS-laag) (Soens et al 2012).

3.2.3. 1582-1585: De Farnese-inundaties

De Farnese inundaties, ofwel de (doelbewuste) militaire inundaties vonden plaats in de jaren 1582-1585, tijdens de Spaanse Reconquista van de Zuidelijke Nederlanden en het beleg van Antwerpen door Alexander Farnese. Aan de hand van twee grote doorbraakgaten, o.a. in het noorden bij Saeftinghe en in het zuiden bij het fort van De Perel, werden grote delen van het Waasland onder water gezet. Deze overstromingen richtten zware schade aan in het gebied. Dit niet alleen door de lage ligging van de gronden, maar ook door de toenemende getijdeninvloed van de Schelde in de 16de eeuw, en de middeleeuwse veenontginningen en drainagewerken die toen plaatsvonden (Wauters et al. 2012, Deel I, 9).

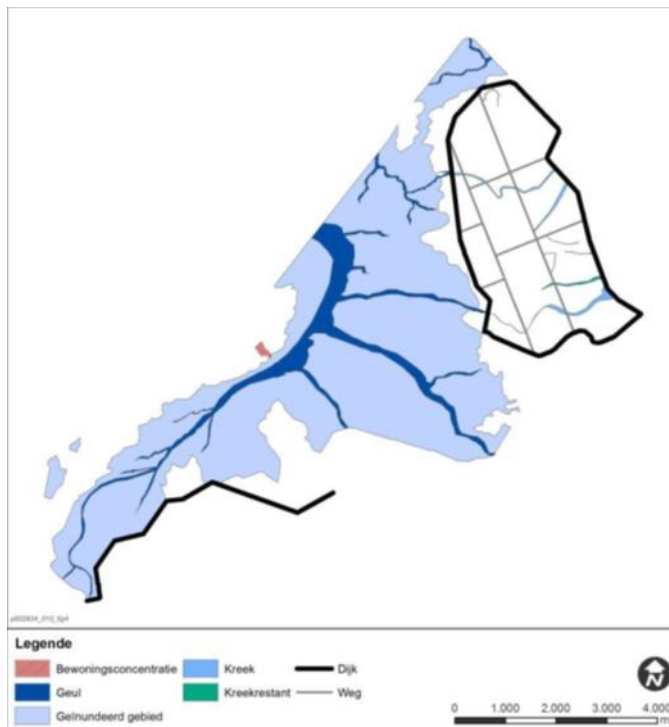
De meeste geulen en krekken die we nu zien, ontstonden als gevolg van de Farnese-inundaties. Maar de voorgeschiedenis van sommige krekken is echter veel complexer: sommige 'nieuwe' getijdengeulen, ontstaan tijdens de Farnese-inundaties, schuurden zich uit in oude waterlopen uit de middeleeuwse bedijkingsfase, die zelf weer terug kunnen gaan op nog oudere, middeleeuwse- of premiddeleeuwse geulen, die in de middeleeuwse bedijkingsfase binnengedijkt waren. Een goed voorbeeld is de geul die zich in het noorden van Doel rond de Doelse Zoeten Berm slingert, en in de laatmiddeleeuwse periode de grens vormde tussen Doel in het Zuiden en het Luis in het Noorden. Deze geul had verschillende aftakkingen die Doel doorsneden, waarvan sommige nog als kreekres-tant in het landschap zichtbaar zijn. Het is ook aan het uiteinde van deze geul dat het turfhaventje Ter Venten gesitueerd was (Wauters et al. 2012, Deel II, 15).

In het studiegebied was de impact van de inundaties wellicht het geringst in de – hoger gelegen – Doelpolder. Ook al werd ook deze polder na de val van Antwerpen (1585) als geïnundeerd beschouwd, toch bleef hij als een duidelijke landmark in het overstroomde gebied zichtbaar, zoals blijkt uit alle kaarten en afbeeldingen van de periode rond 1600. Bij de herinpoldering werd dan ook de zestiende-eeuwse landschapsstructuur – en met name de centrale dambordvormige weginfra-structuur, gevormd door de Oost- en de Westlangeweg met verscheidene dwarswegen – integraal bewaard, zij het in ingekorte vorm.

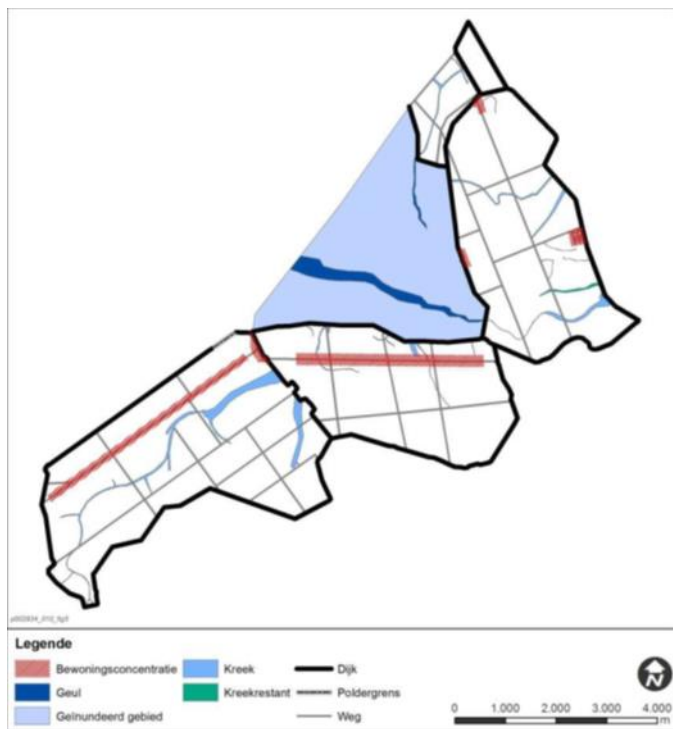
3.2.4. 1615-1620: Herbedijking van de doelse polder en de Luypolder

Na de Vrede van Münster bleef de Prosperpolder geïnundeerd, maar werden de inpolderingen elders snel hervat, met de realisatie van de Kallopolder (1649-1653), de Konings-Kieldrechtspolder (1649-1654), de Luyspolder (1650) en het Paardenschor (rond 1650). Later volgden nog de kleine Real- en Krankeloonpolders (voorzien van een zomerdijk in 1663 en definitief ingepolderd in 1677), de Oud-Arenbergpolder (1667-1688) en de Nieuw-Arenbergpolder (voltooid in 1784). In deze fase was de rol van kerkelijke instellingen kleiner. De investeringen gebeurden nu veelal onder invloed van eerst grootgrondbezitters (renteniers, handelaars e.a. uit o.m. Antwerpen), zoals bijvoorbeeld in de Doelpolder, en later vooral de hertogen van Arenberg (die het Land van Beveren in handen hebben), zoals in de Oud- en vooral Nieuw-Arenbergpolder (Van Gerven, 1977).

In 1650 werd het Luys, waarbinnen de Prosperpolder later deels zou liggen, heringedijkt om in 1715 te vergaan (Wolters, 1869, Van Gerven, 1977).



Figuur 3.5 Landschapsreconstructie van het studiegebied: situatie ca. 1615-1620 (na de herinpoldering van de Doelpolder) (GIS-laag) (Soens et al 2012).



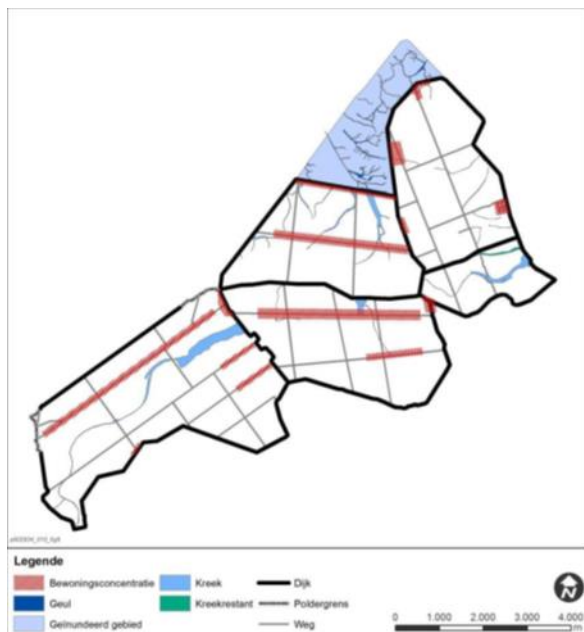
Figuur 3.6 Landschapsreconstructie van het studiegebied c. 1690 (kort na inpoldering van de Oud-Arenbergpolder, met herinpoldering Luispolder (GIS-laag) (Soens et al. 2012)

3.2.5. De aanleg van de Nieuw Arenbergpolder (1784) met winningsputten ter hoogte de Prosperpolder

Bij de aanleg van de Nieuw Arenbergpolder werd door de Hertog van Arenberg verzocht om een kaart te produceren, met onder andere een gedetailleerde opdeling van de uit te voeren dijkwerken (figuur 3.7). Allereerst werd de te leggen dijk onderverdeeld in diverse secties; bij elke sectie hoorde vervolgens een apart omschreven aanbesteding. Op de kaart werden vervolgens de verschillende secties en de afbakening van de dijkputten weergegeven: het materiaal voor het ophogen van de dijken werd buitendijks, direct grenzend aan de dijk afgegraven. Zo werden ook uit toekomstige Prosperpolder gronden gewonnen voor de opbouw van de Nieuw Arenbergpolder. (Deelrapport Nieuw-Arenbergpolder-Fase 1 2014, 15). Ter hoogte van de Prosperpolder ontstond toen slotte een nieuw krekensbestand in een slikke- en schorre omgeving.



Figuur 3.7 Aanbestedingen aan de zeedijk van de Nieuw-Arenbergpolder, 1783 (ARA, Kaarten & Plans II, n° 8573, fragment).



Figuur 3.8 Landschapsreconstructie van het studiegebied c. 1790 (na inpoldering Nieuw-Arenbergpolder) (Soens et al. 2012).

3.2.6. 1846: Indijking van Prosperpolder

De Prosperpolder is met een indijking in 1846 de nieuwste van de vijf polders binnen dit studiegebied. De polder werd niet alleen volledig gefinancierd door, maar ook volledig centraal geëxploiteerd door de familie Arenberg vanuit vier grote hoeven: de Prosper-, Petrus-, Engelbertus- en Antoniushoeve.

De Prosperhoeve betreft een gebouwengroep en werd als een herenhoeve opgetrokken in 1851 door hertog Prosper van Arenberg na de indijking van de polder. De gebouwengroep bestaat uit een woonhuis met haaks erop een bedrijfsgebouw (nr. 8). Vervolgens twee grote langsschuren symmetrisch tegenover elkaar, en twee paardenstallen, parallel aan het huis. Laatstgenoemde constructies werden bij de opsplitsing van de hoeve in drie afzonderlijke eigendommen verbouwd, tot woonhuizen met autobergplaats (nr. 5 en 7), zogenaamd "Groothof" en "Prosperhoeve".

3.3 Archeologische voorkennis

Ter hoogte van het projectgebied werden nog geen archeologische vondsten teruggevonden. Dit is niet geheel onlogisch, gezien historisch-cartografische en recente topografische kaarten aantonen dat het gros van de zones na definitieve inpoldering gebruikt werden als landbouwgrond. Het gebrek aan drastische ontwikkelingen en bijgevolg bijkomend opgelegd archeologisch onderzoek, maakten dat het gebied archeologisch onbekend bleef.

De archeologische vindplaatsen in de omgeving van het projectgebied kwamen pas vanaf de jaren 1980 met mondjes maat aan het licht, in eerste instantie door de oprichting van de ADW (Archeologische Dienst Waasland) en de talrijke bijdrages door amateurarcheologen H. De Bock en M. De Meireleir (2005). Archeologisch opgravingen van sites uit de prehistorie in de omgeving van het plangebied vonden onder meer plaats te Verrebroek dok, Verrebroek Aven Ackers, en Doel Deurganckdok. Op deze locaties kwamen vindplaatsen van het finaalpaleolithicum (Verrebroek, dok 2), het mesolithicum, het neolithicum, de middeleeuwen en postmiddeleeuwen aan het licht. Vanaf het midden-neolithicum tot aan de middeleeuwen zijn nog geen vindplaatsen aangetroffen in de Wase polderregio, hoewel er wellicht in die periode ook bewoning moet zijn geweest.

4. Geofysisch onderzoek

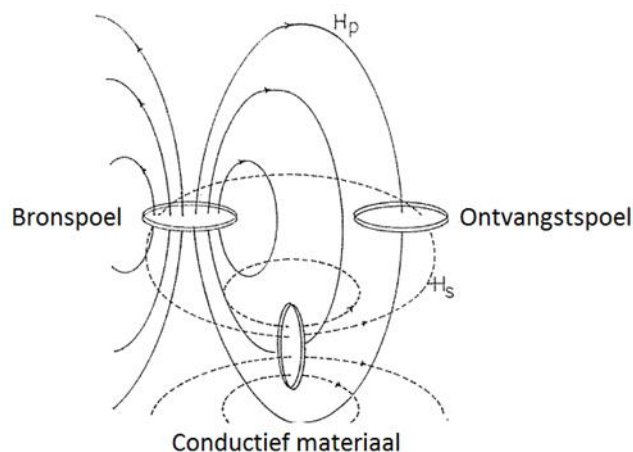
4.1 Werkwijze

4.1.1 Elektromagnetische inductie

De toegepaste geofysische prospectietechniek maakt gebruik van elektromagnetische inductie (EMI) en is gebaseerd op de respons van de bodem op een alternerend elektromagnetisch veld (Reynolds, 1997). Bij elektromagnetische inductie wordt in een zendspoel een elektromagnetisch veld opgewekt (het primaire veld) waardoor in de bodem elektrische stroompjes ontstaan die op hun beurt een eigen magnetisch veld opwekken. Een deel van het primaire en het geïnduceerde veld wordt vervolgens opgevangen door een ontvangspoel. Dit staat in lineair verband tot de elektrische conductiviteit (EC) van de bodem. De elektrische conductiviteit of geleidbaarheid is de eigenschap van een materiaal om elektrische stroom te geleiden. De elektrische geleidbaarheid van een bodem wordt beïnvloed door de textuur, het vochtgehalte, het organisch materiaal gehalte, het zoutgehalte en bodemanomalieën (metalen, archeologische sporen, verontreiniging, ...).

Het primaire magnetische veld werkt ook in op de magnetische kenmerken van de bodem, wat toelaat de magnetische susceptibiliteit (MS) op te meten. Eenvoudig gesteld geeft deze magnetische susceptibiliteit weer in welke mate de bodem magnetisch kan worden gemaakt. De magnetische susceptibiliteit van een bodem wordt beïnvloed door de mineralogie van de bodem (ijzeroxiden), organisch materiaal, bacterieel magnetisme en bodemanomalieën (metalen, materiaal verhit boven de Curie-temperatuur, verstoring van de bovenste bodemlagen, ...).

De meting is een integratie over een bodemvolume onder het instrument, bijgevolg worden de waarden geïnterpreteerd als 'schijnbare' metingen.



Figuur 4.1 : Principe van EMI: een primair magnetisch veld (H_p) wordt opgewekt door een wisselende stroom die in de bronspoel vloeit. Dit veld wekt een stroom op in conductief materiaal (hier weergegeven als een spoel) en hierdoor wordt op zijn beurt een secundair magnetisch veld (H_s) opgewekt. Beide magnetische velden worden opgemeten door de spanning geïnduceerd in de ontvangstspoel. (naar Keller en Frischknecht, 1966)

4.1.2 Instrumentarium

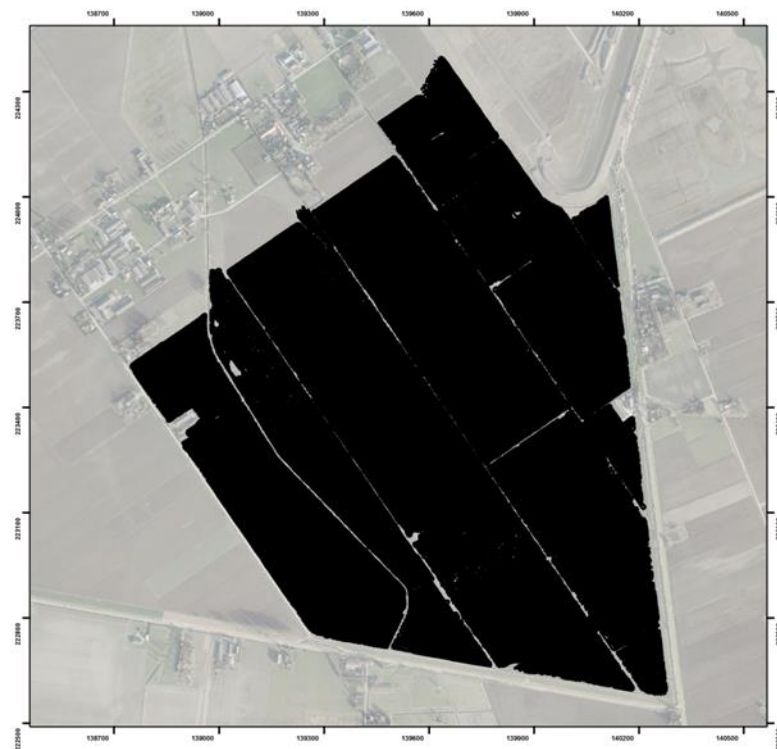
De opmetingen gebeuren met een meerspoelige EMI sensor met een meetfrequentie van 9 kHz. Deze sensor maakt het mogelijk om gelijktijdig EC en MS op te meten in verschillende ontvangstspoelen die zich op een verschillende afstand van de zendspoel bevinden. De ontvangstspoelen hebben daarnaast een wisselende oriëntatie (horizontaal (HCP) of loodrecht (PRP)) ten opzichte van het bodemoppervlak. Bij de gebruikte sensor zijn er twee spoeloriëntaties op zes verschillende spoelafstanden (1.0 of 1.1 m, 2.0 of 2.1 m en 4.0 m of 4.1 m). Door deze configuratie worden zes EC en zes MS signalen gelijktijdig gemeten.

De dieptegevoeligheid van de verschillende spoelconfiguraties wordt standaard gezien als de diepte waarbij 70% van het totale gemeten signaal (de cumulatieve respons) afkomstig is van het bodemvolume boven deze diepte. Wanneer dit signaal wordt uitgezet, kan afgeleid worden dat voor de EC metingen de dieptes van dominante respons variëren van 0.5 m (1.1 m PRP), over 1.0 m (2.1 m PRP), 1.5 m (1.0 m HCP), 2.0 m (4.1 m PRP), 3.2 m (2.0 m HCP) tot 6.4 m (4.0 m HCP) onder de sensor. Eenvoudig gesteld wordt zo tegelijkertijd informatie bekomen van zowel oppervlakkige als diepere bodemlagen tot op een diepte van ongeveer 6 m onder het maaiveld.

4.1.3 Survey

De toegankelijke terreinen van de site werden opgemeten met de meerspoelige inductiesensor, die simultaan 12 scans oplevert. Hieronder worden de EC van de zes verschillende spoelconfiguraties weergegeven en verwerkt voor het volledige studiegebied. De MS metingen werden niet weergegeven vermits deze voor de PRP spoelconfiguraties enorm ruisgevoelig zijn en dus weinig informatief. Daarenboven bleken de HCP spoelconfiguraties in grote delen van het studiegebied analoog te zijn aan de EC metingen omdat bij de hoge conductiviteiten ($> \pm 100 \text{ mS m}^{-1}$ waarbij deze limiet vermindert bij toenemende spoelafstand) in het studiegebied de MS niet gescheiden kan worden van de EC en dus geen meerwaarde biedt in functie van de vraagstelling.

Alle vooropgestelde terreinen in het studiegebied konden worden gescand, uitgezonderd het noordelijk deel van deelgebied A, waar de aanwezigheid van gestort materiaal de scan onmogelijk maakte (totaal: 164.5 ha of 111 ha fase 2 + 53.5 ha fase vooronderzoek). Op Figuur 4 zijn de meetpunten weergegeven, aangeduid op een recente luchtfoto. Langs de assen van het kaartmateriaal zijn de cartesische coördinaten in Lambert72-projectie aangeduid. Door de hoge data-densiteit (20 cm in de lijn) zijn de individuele meetpunten niet steeds zichtbaar op Figuur 4 maar worden ze als rijlijnen gevisualiseerd. De metingen werden zoveel mogelijk gebiedsdekkend uitgevoerd. De sensor werd in een slede achter een quad gesleept (parallel met de rijrichting) tegen een gemiddelde snelheid van 6-8 km/u (Figuur 1). Een GPS met RTK correctie werd gebruikt om de metingen te lokaliseren met een horizontale fout in de orde van $< 2 \text{ cm}$. In combinatie met een GPS-gestuurd sturingssysteem werd het mogelijk gemaakt om op rechte lijnen te rijden met een vaste tussenafstand. Het studiegebied werd op deze manier opgemeten in parallelle rijen. Per seconde werden 6 EC en 6 MS metingen samen met één GPS meting digitaal opgeslagen in een veldcomputer. Hierdoor lag het staalname-interval op ca. 20 cm in de rij. De afstand tussen de rijlijnen bedroeg 3.0 m.



Figuur 4.2 De locaties van de sensormetingen uitgevoerd in het studiegebied op een recente luchtfoto (Agentschap Geografische Informatie Vlaanderen).

4.2 Resultaten geofysische metingen

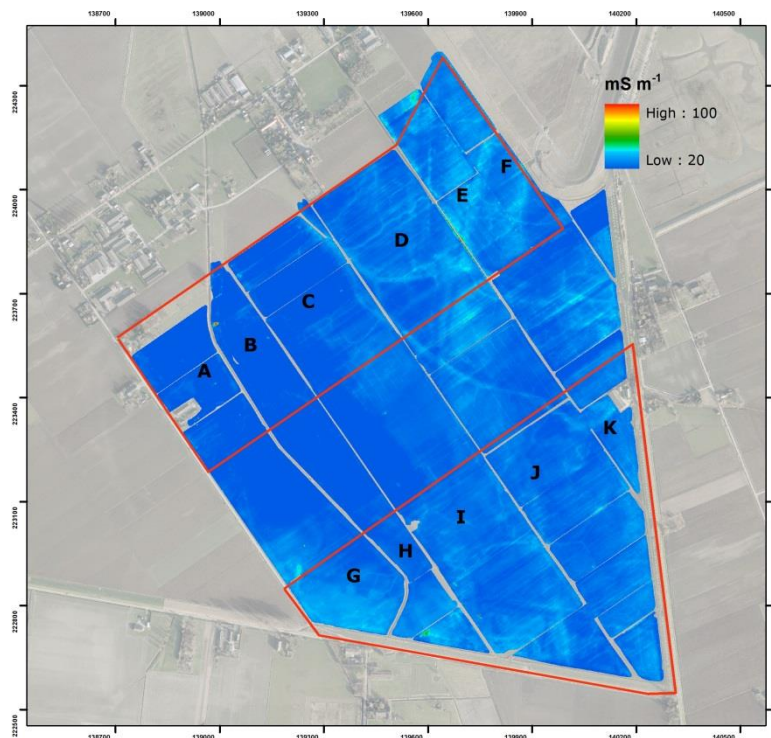
Er wordt opgemerkt dat de kleurenschalen van de onderstaande figuren niet steeds het volledige bereik van de data-range weergeven.

De ruwe EMI data werden gegeorefereerd door lineaire interpolatie van de RTK-GPS data en gecorrigeerd voor de afstand tussen de GPS antenne en het middelpunt tussen zend- en ontvangspoel van de sensor. Vervolgens werden de data gecorrigeerd voor instrument-drift, d.w.z. voor veranderingen in de metingen door extra invloeden (zoals temperatuurschommelingen gedurende een dag).

De EC waarden werden geïnterpoleerd naar een grid van 0.20 m bij 0.20 m. Er werden vervolgens zowel een zwart-wit als een blauw-groen-geel-rood kleurenschaal (met gemeenschappelijke schaal voor alle EC metingen) toegepast op dezelfde meting. Het contrast van de zwart-wit kaarten werd aangepast in functie van het visualiseren van subtielere patronen en structuren in de data, terwijl de blauw-groen-geel-rood kleurenschaal een gemeenschappelijke schaal toont voor alle EC metingen met verschillende meetdiepte. De data van het volledige studiegebied werden ook in kleur voorgesteld, dit om de bodem-geologische variabiliteit en veranderingen van elektrische geleidbaarheid in de diepte beter te kunnen duiden, waarna dezelfde meting nog eens in zwart-wit werd voorgesteld. Vervolgens werd er ingezoomd op sporen die mogelijks archeologische structuren voorstellen.

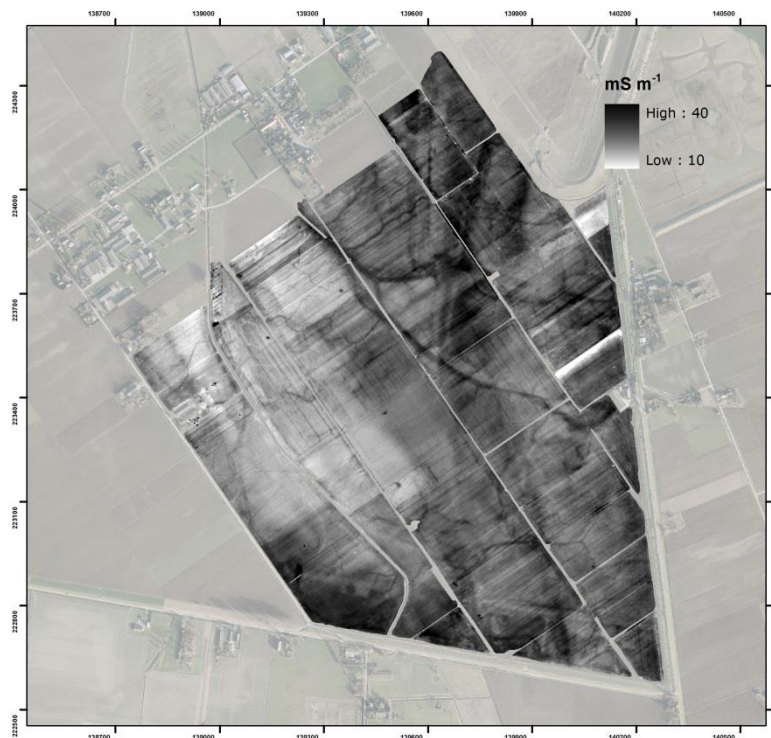
4.2.1 1.1 m PRP meting

Figuur 4.2 toont de EC meting van de 1.1 m PRP spoelconfiguratie in kleur. Vermits de EC in het grootste deel van het studiegebied tussen de 20 en 30 mS m⁻¹ is, kan de bovenlaag als vrij homogeen beschouwd worden. Figuur 4.3 toont de meer subtiële verschillen in het studiegebied. Deze toont dat er verschillen waar te nemen zijn in de laag-conductieve bovengrond (of net eronder) in het studiegebied. Het westelijk deel van het noordelijk studiegebied (deelgebieden A, B en C) heeft een over het algemeen lage EC, terwijl in het oostelijk deel zones met hoge EC kunnen waargenomen worden. Zo bevat het zuidelijk deel van deelgebied D een 150 m brede zone met verhoogde EC, die overgaat naar het centrale deel van deelgebied E. Het zuidelijk deel van het studiegebied bevat over het algemeen een lage EC, wat verklaard zou kunnen worden door een lager kleigehalte en/of hoeveelheid aan organisch materiaal, zowel oppervlakkig als in de diepte. De hogere EC in deelgebieden D en E, die overgaat in het gebied opgemeten tijdens de evaluatiefase doet vermoeden dat daar een geulsysteem, opgevuld met kleiig materiaal, aanwezig is. De verschillen zijn echter niet echt groot (± 10 mS m⁻¹) ten opzichte van de verschillen in de metingen van de diepere spoelconfiguraties en het gebied is bijna volledig akkerland, wat doet vermoeden dat de grootste variaties zich dieper dan 0.5 m in het bodemprofiel bevinden.



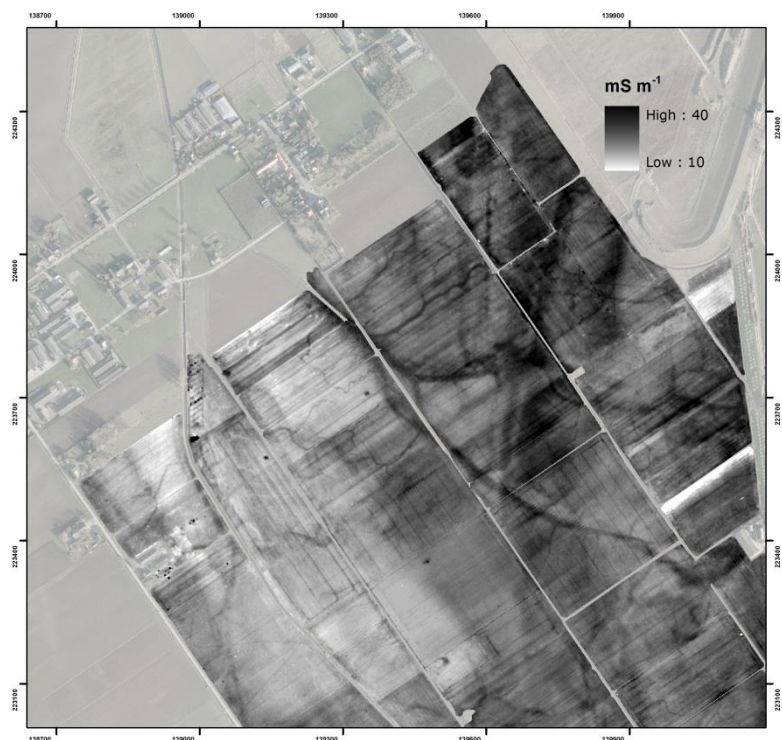
Figuur 4.2 Elektrische geleidbaarheid met de 1.1 m PRP spoelconfiguratie (mS m^{-1}), 0-0.5 m-mv (volledige gebied – kleur), met aanduiding van de vooropgestelde zone en de respectievelijke deelgebieden.

Op Figuur 4.4 zijn diverse hoog-conductieve punt- en lijnanomalieën zichtbaar. Het lineair patroon in het deelgebied B en in het zuiden van deelgebied C kan toegeschreven worden aan de aanwezigheid van landbouwactiviteiten, terwijl andere lineaire structuren loodrecht op de huidige grachten verklaard kunnen worden als gedempte grachten of oude perceelgrenzen. Op de grens van deelgebied C en D vertrekt een duidelijk kronkelende structuur, die opsplijt in twee vertakkingen, een die richting het zuiden van deelgebieden D en E gaat en een die de perceelsgrens blijft volgen tot de ondergrens van het noordelijk gebied en dan over de zone van evaluatieonderzoek eindigt nabij de hoeve aan het oostelijke rand van het studiegebied. Deze kronkelende structuur bezit daarenboven verschillende kleinere kronkelende aftakkingen in deelgebieden C, D en E. Deze grotere structuur kan als een (recente) geulstructuur geïnterpreteerd worden met kleine aftakkingen. Vooral in deelgebieden D en E zijn diverse lineaire structuren zichtbaar, die een hoek van ongeveer 45 graden maken met de huidige percelering. Deze structuren kunnen mogelijks aan oudere menselijke activiteiten toegeschreven worden en zijn dus mogelijks archeologisch interessant. Dwars door deelgebieden D en E vinden we een bredere, laag-conductieve band die mogelijks kan gerelateerd worden aan de aanwezigheid van een oude dijkstructuur. Hetzelfde fenomeen vinden we duidelijker in het zuidelijk deel van het studiegebied, parallel met de straat Muggenhoek. Daarbij zijn diverse vierkante, ronde en of rechthoekige structuren zichtbaar die duidelijk gerelateerd zijn met de aanwezigheid van deze laag-conductieve band. Deze structuren kunnen dus zo goed als zeker toegeschreven worden aan menselijke activiteiten.

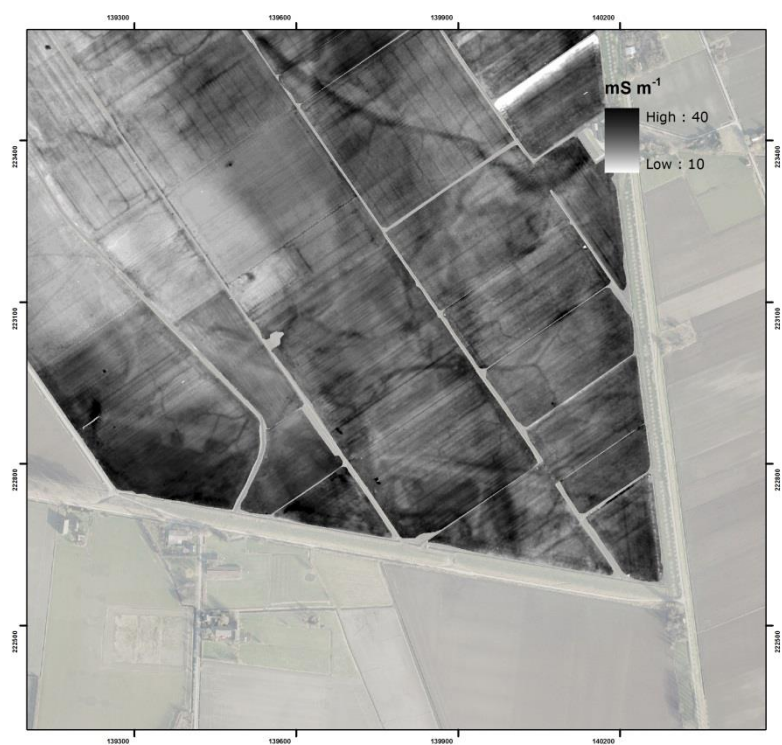


Figuur 4.3 Elektrische geleidbaarheid met de 1.1 m PRP spoelconfiguratie ($mS\ m^{-1}$), 0-0.5 m-mv (volledige gebied – zwart-wit)

Figuur 4.4 en 4.5 focussen op enerzijds het noordelijk en zuidelijk deel van het studiegebied. Figuur 4.4 toont in zowat alle velden van het noordelijk gebied grotere en vooral fijnere geulstructuren in detail. Ten westen van de hoofdgeul treffen we een lagere EC aan, terwijl het oostelijk deel gekenmerkt wordt door hogere EC waarden. In dit oostelijk gebied worden diverse structuren, vermoedelijk oude wegen of gecompacteerdde stroken, aangetroffen in een richting die een hoek van 45 graden maakt met de huidige percelering. Daarenboven zijn ook diverse puntvormige structuren zichtbaar, die mogelijks veroorzaakt kunnen zijn door begraven metalen objecten of gedempte putten. In het noordelijk veld van deelgebied B zijn diverse verstoringen en een lineair patroon aanwezig, terwijl nabij de hoeve in het westen ook enkele verstoringen zichtbaar zijn. In Figuur 8 zien we in het zuidelijk deel dwars over deelgebieden G, H, I, J en K een lijnvormig patroon met lage EC parallel met de straat Muggenhoek, die als een oude dijkstructuur kan aanzien worden. Nabij deze structuur en ermee verbonden zijn diverse rechthoekige structuren zichtbaar, die mogelijk kunnen geïnterpreteerd worden als kleiputten gebruikt bij de aanleg van de dijkstructuur. Deze kunnen mogelijk archeologisch materiaal bevatten van middeleeuwse oorsprong. Ten zuiden van de restanten van de oude dijk is de EC aanzienlijk hoger. Waarschijnlijk zorgde stilstaand water net achter deze dijkstructuur voor een aanzienlijke sedimentatie van kleirijk materiaal. Verder zijn in het zuidelijk gebied diverse kronkelende aftakkingen van de grotere recentere geul aanwezig.



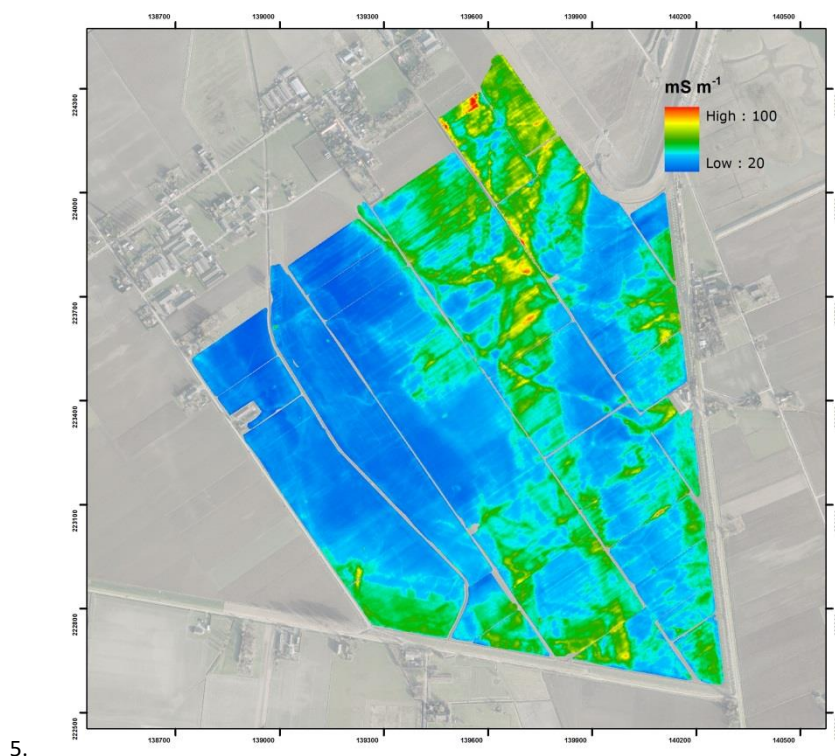
Figuur 4.4 Elektrische geleidbaarheid met de 1.1 m PRP spoelconfiguratie (mS m^{-1}), 0-0.5 m-mv (noordelijk gebied – zwart-wit)



Figuur 4.5 Elektrische geleidbaarheid met de 1.1 m PRP spoelconfiguratie (mS m^{-1}), 0-0.5 m-mv (zuidelijk gebied – zwart-wit)

4.2.2 2.1 m PRP meting

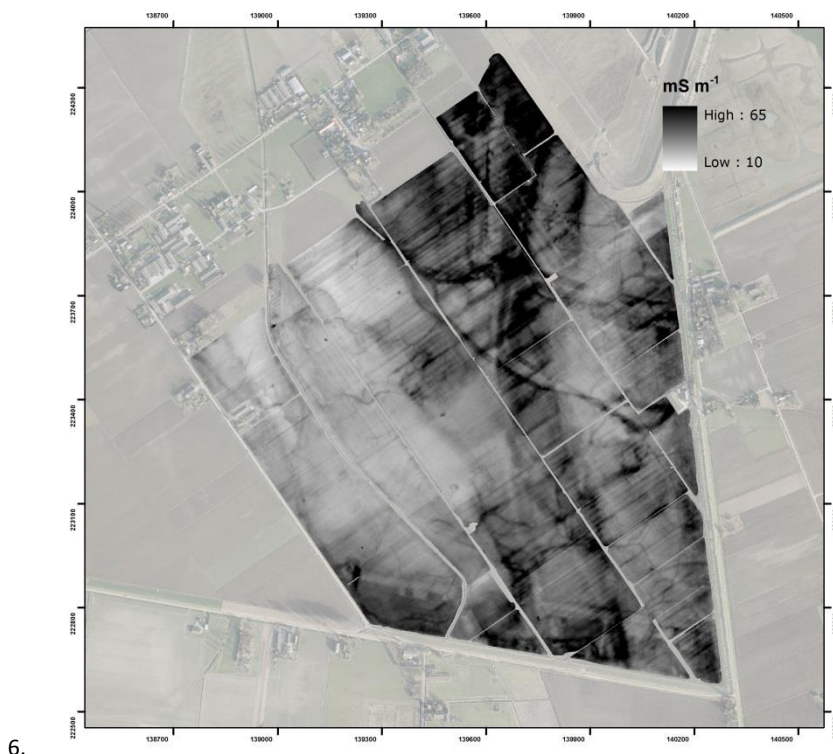
De resultaten voor de 2.1 m PRP spoelconfiguratie (dominante respons van bodemvolume 0 – 1.0 m) zijn te zien in Figuur 4.6 en 4.7. Hierbij werden de data opnieuw in kleur als in zwart-wit voorgesteld. Figuur 4.6 toont grotendeels dezelfde patronen als Figuur 5, met het verschil dat de absolute EC waarden toenemen bij toenemende meetdiepte van 0.5 m naar 1.0 m, vooral in deelgebieden D, E en F, en in grote delen van het zuidelijk gebied. In het noordelijk veld van deelgebied C, in deelgebied D en zuidoostelijk deel van gebieden E en F. In de rest van het studiegebied stijgt de EC weinig tot niet, wat wijst op een homogeen bodemprofiel (qua textuur) tot 1.0 m diepte (of dieper). De verhoging van de EC met toenemend opgemeten bodemvolume kan toegeschreven worden aan een klei- en/of organisch materiaal aanrijking tussen de 0.5 en 1.0 m diepte, maar kan ook te wijten zijn aan dieper gelegen lagen met sterk hogere elektrische geleidbaarheid. Figuur 4.7 toont dezelfde kleine, subtiele fenomenen als Figuur 4.3, met dit verschil dat sommige zaken minder scherp afgelijnd zijn, en dat de onderliggende lagen met hogere EC duidelijker tot uiting komen in deze meting. De recente geul met aftakkingen wordt minder duidelijk in deze meting, terwijl de brede band van verhoogde conductiviteit zich duidelijker aftekent ten opzichte van de omgeving. Daarom kan besloten worden dat de opvulling van de kleine geulstructuur zich bovenop de opvulling van een grotere, oudere geulstructuur bevindt (zie later). In het algemeen blijken er in de 2.1 m PRP EC meting minder fijn afgelijnde structuren aanwezig te zijn ten opzichte van de oppervlakkige meting, wat kan verklaard worden door het feit dat de meeste antropogene variaties en verstoringen van het natuurlijke bodemprofiel zich grotendeels tussen 0.5 m en 1.0 m diepte manifesteren. Bovendien wordt met deze spoelconfiguratie de EC van een groter bodemvolume (zowel dieper als met een grotere 'footprint') opgemeten.



Figuur 4.6 Elektrische geleidbaarheid met de 2.1 m PRP spoelconfiguratie (mS m^{-1}), 0-1.0 m-mv (volledige gebied – kleur), met aanduiding van de vooropgestelde zone en de respectievelijke deelgebieden.

Figuur 4.7 toont dat met deze meting een betere inschatting kan gemaakt worden van de continue, graduele bodemvariaties. De scheiding tussen een westelijke zone met lage EC en de over het algemeen hoog-conductieve oostelijke zone in het noordelijk deel van het studiegebied wordt duidelijker zichtbaar ten opzichte van de meting met de 1PRP spoelconfiguratie. Vervolgens zijn de lineaire structuren in het noorden van deelgebieden D en E, die ook aanwezig waren in de meest oppervlakkige meting, heel duidelijk aanwezig.

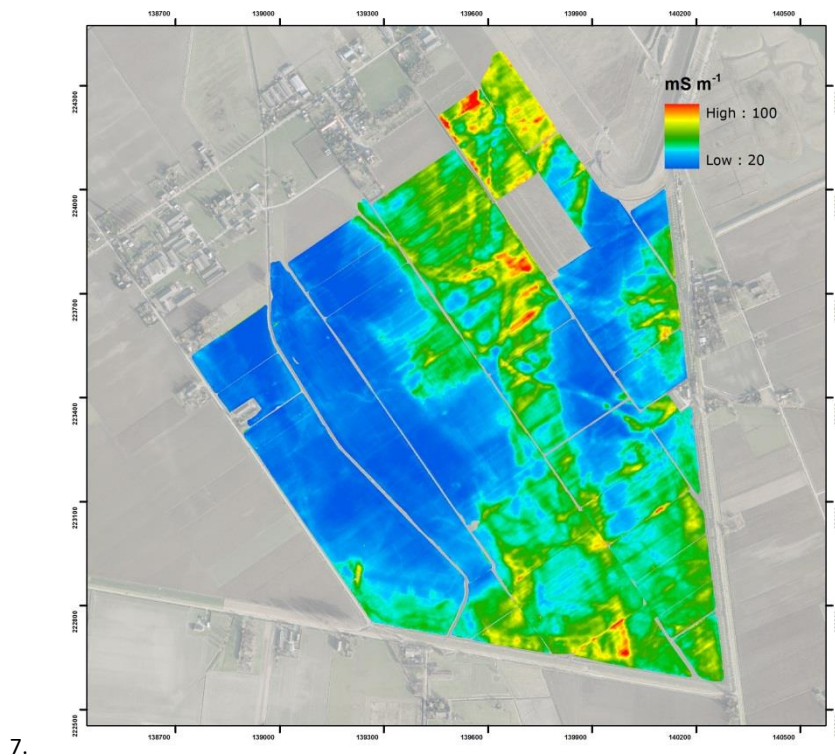
Deze zouden in verband gebracht kunnen worden met een Middeleeuwse percelingsstructuur. In deelgebieden D en C komen op een systematische afstand van elkaar brede zuidwest-noordoost georiënteerde banden van verhoogde EC naar voor, vooral in de 150 m brede structuur met hoge EC, die we voorlopig interpreteren als oudere geulstructuur. Deze kunnen wijzen op de vroegere aanwezigheid van afwateringsgrachten.



Figuur 4.7 Elektrische geleidbaarheid met de 2.1 m PRP spoelconfiguratie ($mS\ m^{-1}$), 0-1.0 m-mv (volledige gebied – zwart-wit)

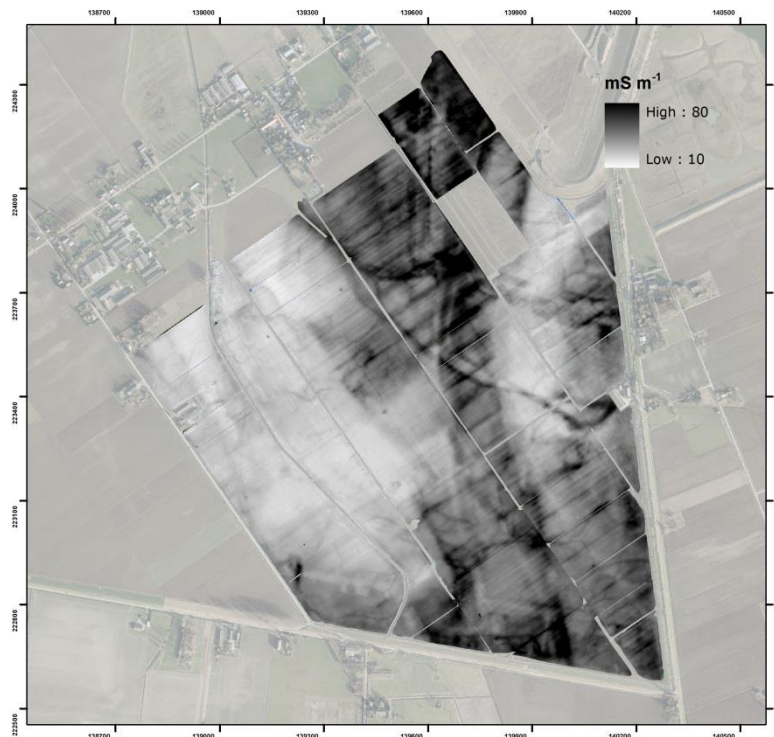
4.2.3 1.0 m HCP meting

De resultaten voor de 1.0 m HCP spoelconfiguratie (dominante respons van bodemvolume 0 – 1.5 m) zijn te zien in Figuur 4.8 en 4.9. In de zuidelijkste boomgaard in zone E waren de metingen verstoord door de aanwezigheid van metalen draden en palen. Dit veld werd niet weergegeven in Figuur 4.8. Globaal stijgt de EC slechts lichtjes in vergelijking met de 2.1 m PRP spoelconfiguratie, zeker niet in die mate dat een zware aanrijking van kleigehalte in de ondergrond verwacht kan worden. De 1.0 m HCP meting is heel gevoelig voor metalen objecten in de bovenste 0.3 m als negatieve anomalieën ten opzichte van de omgeving. Positieve anomalieën wijzen op grote metalen objecten dieper in het bodemprofiel. Er blijken in deze meting zo goed als geen metalen objecten in de bouwvoor aanwezig te zijn. Daarenboven bevinden er zich bijna geen grote metalen objecten dieper in het bodemprofiel.



Figuur 4.8 Elektrische geleidbaarheid met de 1.0 m HCP spoelconfiguratie (mS m^{-1}), 0-1.5 m-mv (volledige gebied – kleur)

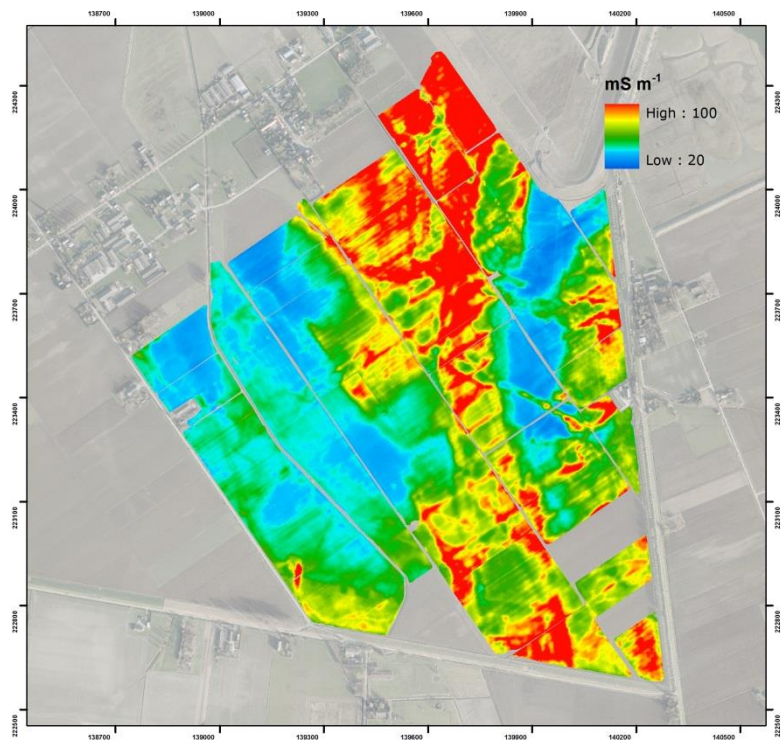
Wanneer we naar de subtiele verschillen kijken (Figuur 4.9), zien we een grote analogie met de metingen van de 2.1 m PRP spoelconfiguratie. Opnieuw is in deelgebied D de kleine geul (met in deze meting minder duidelijke aftakkingen) bovenop de grotere, oudere geulstructuur zichtbaar. Enkel de bredere banden in deze geulstructuur vertonen een verhoging in EC ten opzichte van de 2.1 m PRP EC meting, wat wijst dat deze vermoedelijk opgevulde grachten zeker tot 1.5 m diepte opgevuld zijn met klei- en of organisch rijk materiaal, waarbij het meest conductieve materiaal zich eerder onderaan bevindt.



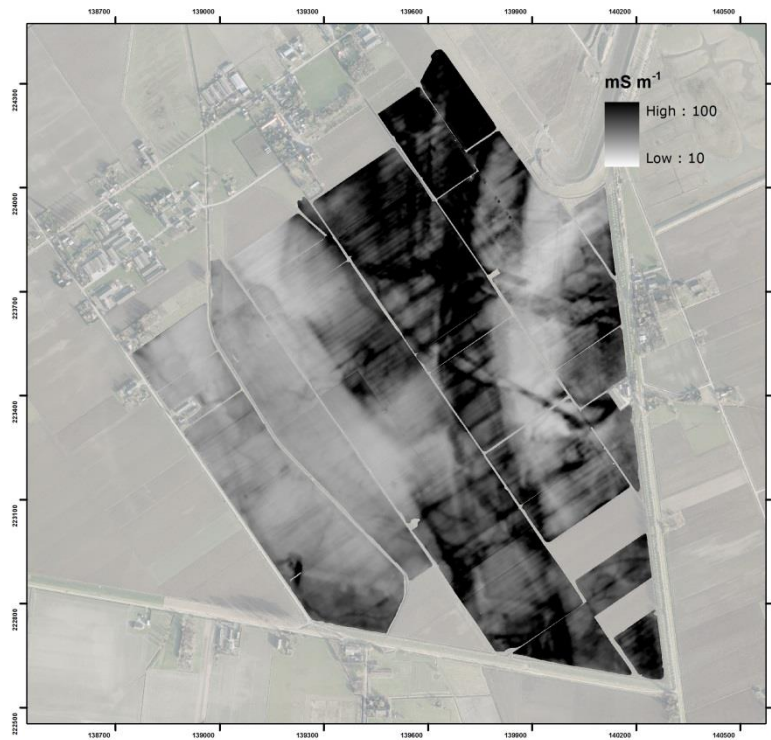
Figuur 4.9 Elektrische geleidbaarheid met de 1.0 m HCP spoelconfiguratie ($mS\ m^{-1}$), 0-1.5 m-mv (volledige gebied – zwart-wit)

4.2.4 4.1 m PRP meting

De resultaten voor de 4.1 m PRP spoelconfiguratie (dominante respons van bodemvolume 0 – 2.0 m) zijn te zien in Figuur 4.10 en 4.11. In het zuidelijk deel van het studiegebied zijn drie velden niet opgemeten met de 4 m spoelconfiguraties. Op deze grof geploegde terreinen waren enkel metingen mogelijk met onze 2 m lange sensoren. De EC in zowel de laag- als de hoog-conductieve zones stijgt in het grootste deel van het studiegebied substantieel in vergelijking met de 1.0 m HCP spoelconfiguratie, daarom kan er een toename van klei en/of organisch materiaal gehalte verwacht worden rond een diepte van 2.0 m onder het bodemoppervlak.



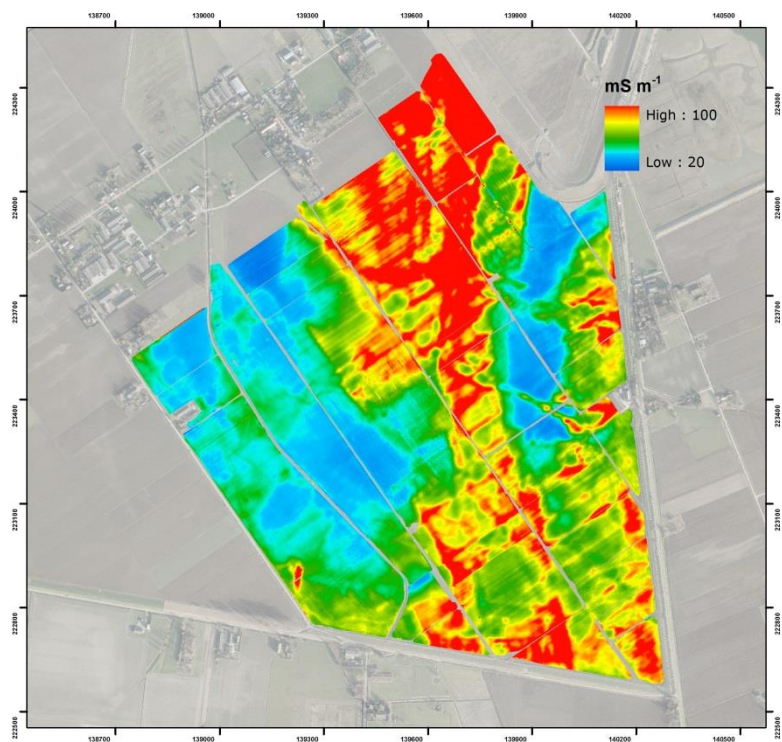
Figuur 4.10 Elektrische geleidbaarheid met de 4.1 m PRP spoelconfiguratie ($mS\ m^{-1}$), 0-2.0 m-mv (volledige gebied – kleur)



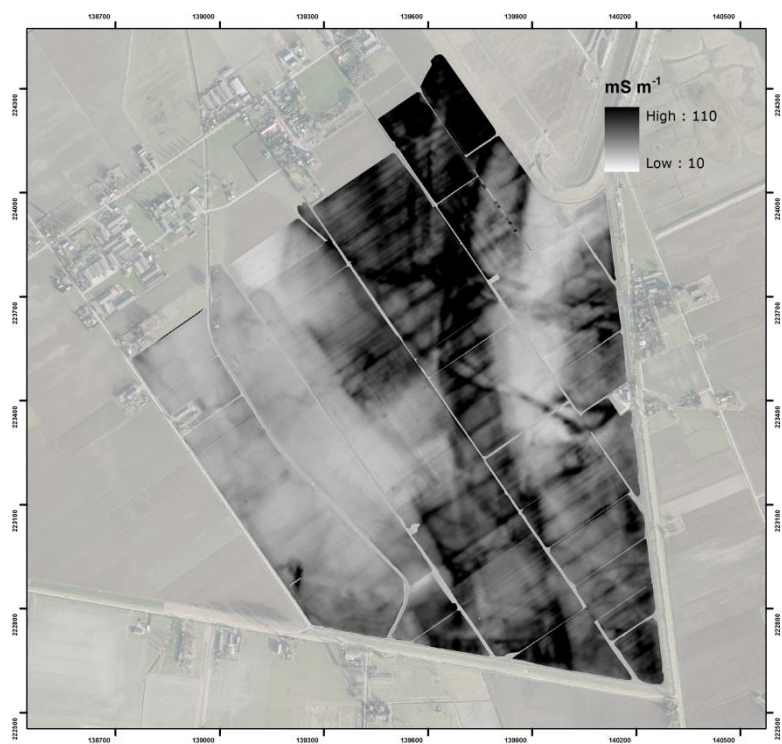
Figuur 4.11 Elektrische geleidbaarheid met de 4.1 m PRP spoelconfiguratie (mS m^{-1}), 0-2.0 m-mv (volledige gebied – zwart-wit)

4.2.5 2.0 m HCP meting

De resultaten voor de 2.0 m HCP spoelconfiguratie (dominante respons van bodemvolume 0 – 3.0 m) zijn te zien in Figuur 4.12 en 4.13. Globaal stijgt de EC opnieuw in vergelijking met de 4.1 m PRP spoelconfiguratie, dus we verwachten opnieuw een aanrijking van klei en of organisch materiaal tussen 2.0 m en 3.0 m diepte. Vooral in het noorden, in deelgebieden D, E en het noorden van deelgebied F stijgt de EC aanzienlijk, in de laag-conductieve zones zijn slechts minimale verhogingen in EC waarneembaar, in vergelijking met de 4.1 m PRP spoelconfiguratie (0 – 2.0 m diepte).



Figuur 4.12 Elektrische geleidbaarheid met de 2.0 m HCP spoelconfiguratie (mS m^{-1}), 0-3.0 m-mv (volledige gebied – kleur)

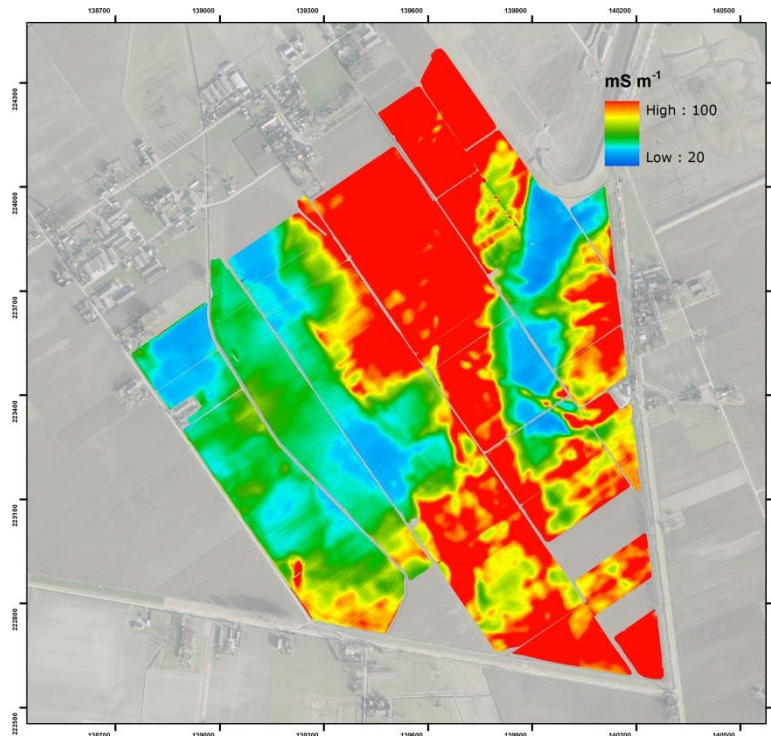


Figuur 4.13 Elektrische geleidbaarheid met de 2.0 m HCP spoelconfiguratie (mS m^{-1}), 0-3.0 m-mv (volledige gebied – zwart-wit)

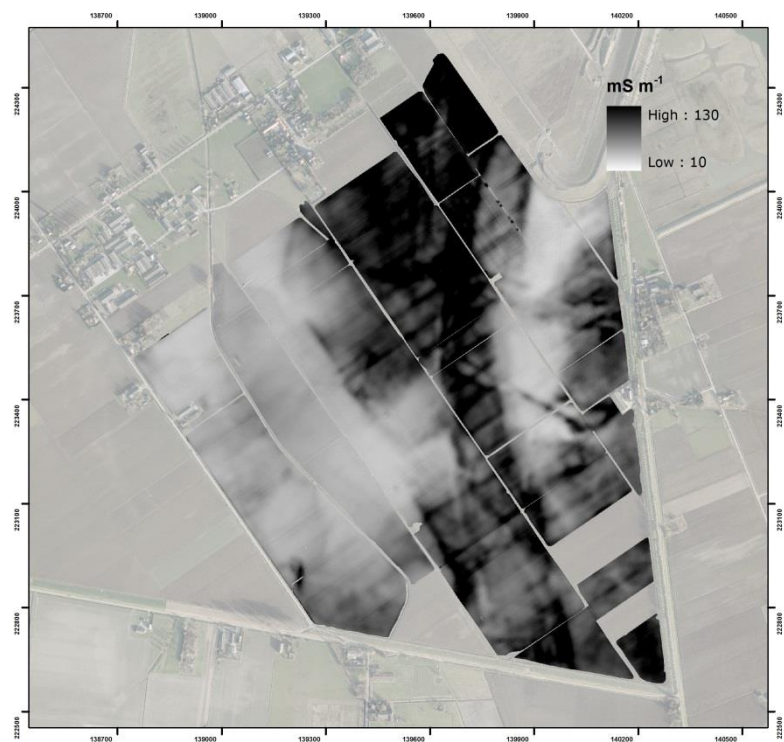
4.2.6 4.0 m HCP meting

De resultaten voor de 4.0 m HCP spoelconfiguratie (dominante respons van bodemvolume 0 – 6.4 m) zijn te zien in Figuur 4.14 t.e.m. 4.16. In het zuidelijk deel van het studiegebied zijn drie velden niet opgemeten met de 4 m spoelconfiguraties. Op deze grof geploegde terreinen waren enkel metingen mogelijk met onze 2 m lange sensoren. Globaal stijgt de conductiviteit opnieuw in vergelijking met de 2.0 m HCP spoelconfiguratie (Figuur 4.12), vooral in deelgebieden C, D, E, I, J en K, in de oude geulstructuur en in gebieden daaraan grenzend en in het gebied dicht bij de oostgrens van het studiegebied. De waarden stijgen naar 180 mS m^{-1} , wat een substantiële verhoging is ten opzichte van de EC metingen van de 2HCP spoelconfiguratie ($\pm 95 \text{ mS m}^{-1}$). In de rest van het studiegebied stijgt de EC ook aanzienlijk (van ongeveer 30 mS m^{-1} naar 50 mS m^{-1} in het deel oostelijk van de oude geulstructuur), uitgezonderd ten oosten van de oude geulstructuur. Daar valt dus geen aanrijking van klei of organisch materiaal verwachten in het bodemprofiel.

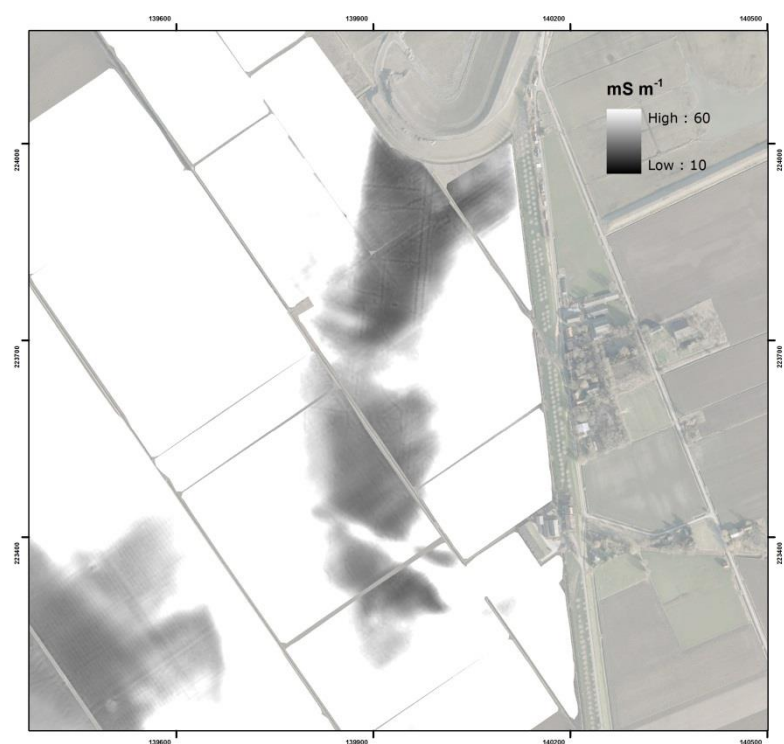
Op Figuur 4.15 zien we dat de oppervlakkige kleine geul met aftakkingen in deelgebied D zo goed als niet meer zichtbaar is. De opvulling van deze geul draagt niet meer substantieel bij tot het opgemeten bodemvolume. De onderliggende brede geul in deelgebied D komt daarentegen erg sterk tot uiting. Vermoedelijk is deze geul opgevuld met klei- en of organisch rijk materiaal, waarbij het meest kleirijke of organisch rijke materiaal zich onderaan in de geul bevindt. Wanneer we de eerder subtiele verschillen in achtving nemen (Figuur 18), zien we minder duidelijk afgelijnde objecten, omdat met deze configuratie een groter meetvolume werd opgemeten. Er kan ook worden opgemerkt dat sommige structuren als een dubbel patroon te zien zijn op de 4.0 m HCP EC kaarten in vergelijking met de andere EC metingen. Een ontdebelling van deze sporen, kleiner dan de spoelafstand, zorgt ervoor dat deze beter zichtbaar worden in de metingen. De lineaire sporen in deelgebieden D en E (Figuur 4.16) wijzen mogelijk op een oud percelen en/of wegpatroon. Deze lineaire structuren maken een hoek van ongeveer 45 graden met de huidige percelering, daarom zijn deze mogelijks ouder van aard en archeologisch interessant. Wanneer de grote variaties in de 4HCP EC weg gefilterd worden (Figuur 4.17), wordt het patroon van lineaire fenomenen duidelijker zichtbaar.



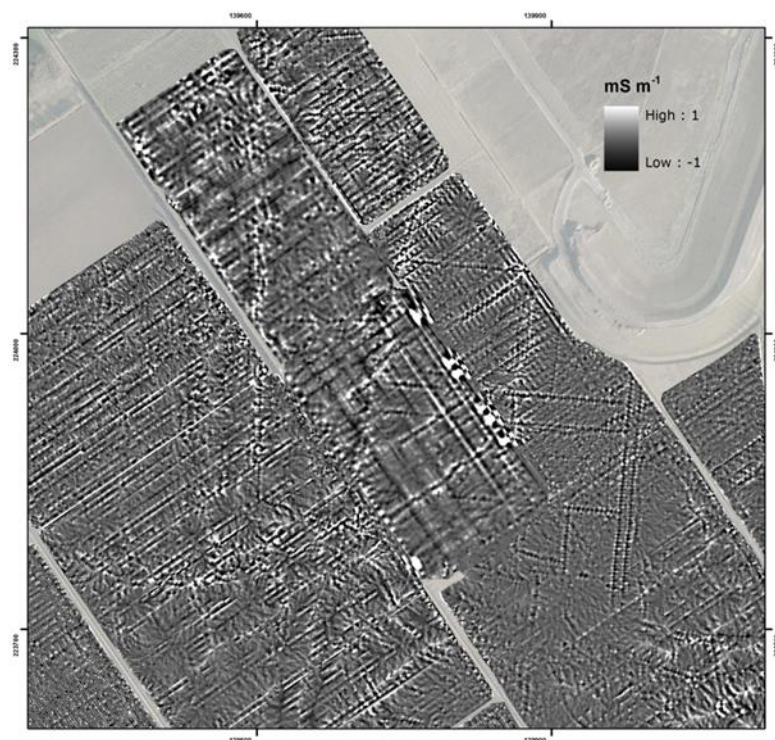
Figuur 4.14 Elektrische geleidbaarheid met de 4.0 m HCP spoelconfiguratie (mS m^{-1}), 0-6.4 m-mv (volledige gebied – kleur)



Figuur 4.15 Elektrische geleidbaarheid met de 4.0 m HCP spoelconfiguratie ($mS\ m^{-1}$), 0-6.4 m-mv (volledige gebied – zwart-wit)



Figuur 4.16 Elektrische geleidbaarheid met de 4.0 m HCP spoelconfiguratie ($mS\ m^{-1}$), 0-6.4 m-mv (oostelijke zone – zwart-wit)

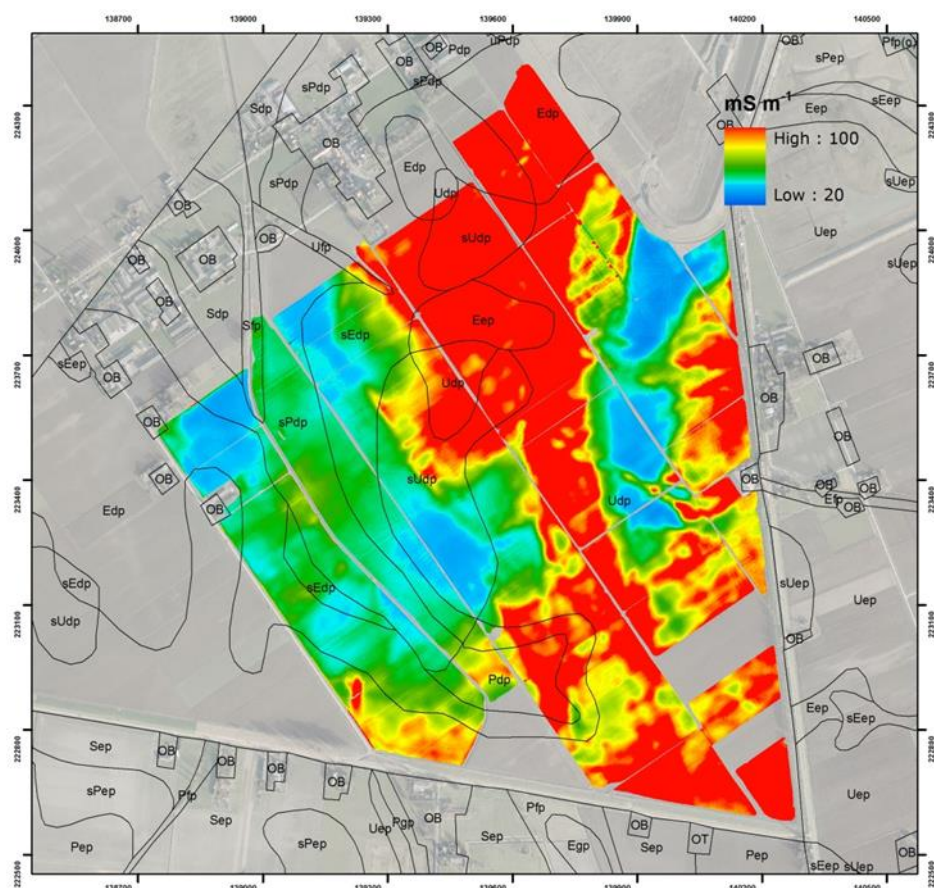


Figuur 4.17 'High pass' gefilterde elektrische geleidbaarheid met de 4.0 m HCP spoelconfiguratie (mS m⁻¹) , 0-6.4 m-mv (centrale zone – zwart-wit)

4.3 Interpretatie geofysische metingen

4.3.1 Bodemkaart

Het onderzoeksgebied (± 164 ha) ligt in de Wase polders. De Bodemkaart van Vlaanderen (schaal 1:20 000) beschrijft ter hoogte van het studiegebied (Figuur 4.18) matig natte bodems bestaande uit bodems van zware klei met profielontwikkeling (Udp) in het oostelijk deel en in het westelijk deel een opeenvolging van matig natte zware klei bodems, klei met zandsubstraat, licht zandleem met zandsubstraat en zware klei met zandsubstraat binnen de bovenste 80 cm (Udp, Edp, sEdp, sPdp, sEdp en sUdp). De aanzienlijke verschillen in EC binnen het studiegebied worden niet echt goed weergegeven door de bodemkaart. Waar de laagste EC waarden voorkomen, wordt een bovengrond uit zware klei aangeduid. Waarschijnlijk worden de grootste EC verschillen veroorzaakt door klei en of veenlagen die dieper dan 1.25 m in het bodemprofiel voorkomen.



Figuur 4.18 Bodemkaart van Vlaanderen op de EC meting van de 4HCP spelconfiguratie in het studiegebied

4.3.2 Elektrische geleidbaarheid : sporen

De globale variatie van de EC in het studiegebied wordt, door de aanwezigheid van kleiige en venige afzettingen verwacht variabel en vrij hoog te zijn, vooral in de diepte. Kleine lokale verhogingen in EC zouden grachtstructuren, gecompecteerde lagen, oude perceelsgrenzen of oude wegtracés kunnen voorstellen.

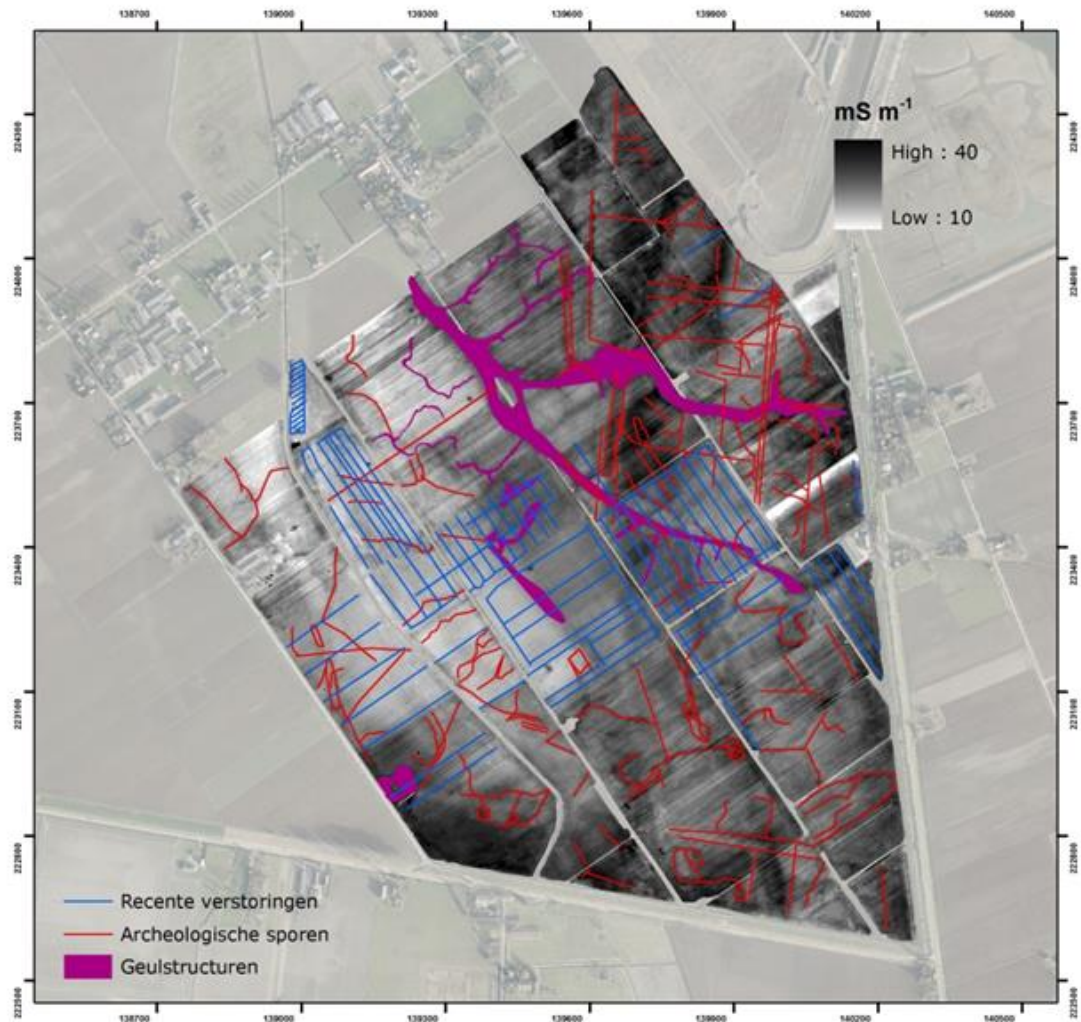
In het algemeen blijken de EC van de 1.1 m PRP meting (meetdiepte 0.5 m), de 2.0 m PRP meting (meetdiepte 1.0 m) en de 1.0 m HCP meting (meetdiepte 1.5 m), beduidend lager dan die van de diepste spelconfiguratie wat kan verklaard worden door een hoger klei- en of organisch materiaal- gehalte in de ondergrond. Van de 2.0 m HCP (meetdiepte 3.2 m) meting naar de 4.0 m HCP meting (meetdiepte 6.4 m) stijgt de geleidbaarheid in de hoog-conductieve zones aanzienlijk, wat een beduidend hogere toename van het klei- en of organisch materiaal gehalte met de diepte impliceert. De vergelijking van de diepere (HCP) met de ondiepere (PRP) metingen kan immers informatie verschaffen over de bodemopbouw, met andere woorden over de toe- of afname van het klei- en of organisch materiaal gehalte met de diepte. Inversie van alle HCP en PRP metingen, geïntegreerd met de resultaten van de elektrische sonderingen, kan een gedetailleerd beeld geven van de verticale variabiliteit of gelaagdheid in het studiegebied.

Op basis alle EC signalen (vooral de 1PRP en 4HCP EC metingen werden nauwgezet geanalyseerd) werd een aflijning gemaakt van alle kleine sporen die niet de percelering volgen, dus mogelijks archeologisch interessant zijn, van alle recente verstoringen, van kleinere geulstructuren en van de grotere zones met gradueel verhoogde EC (Figuur 4.19).

Het meest prominent aanwezig op de EC kaarten zijn de vele lineaire (doorgaans toe te schrijven aan oude grachten, perceelsgrenzen of wegtracés, dus vermoedelijk opgevulde graaf- of compactiesporen) en kronkelende anomalieën (doorgaans toe te schrijven aan oude geulstructuren) De meeste kleine en oppervlakkige structuren met verhoogde EC zijn plaatsen waar gegraven is tot onder de bouwvoor en later opgevuld met bovengrond bestaande uit hoger geleidbaar materiaal (hoger kleigehalte). Zoals hierboven al aangegeven lijken de mogelijks

archeologische sporen in deelgebieden D en E potentieel heel erg interessant. Deze sporen vertonen duidelijk patroon en een andere oriëntatie ten opzichte van de huidige percelering.

Vooraf in zones B, C en D tonen de metingen een patroon van parallelle lineaire anomalieën, die aangeduid worden als recente verstoringen. Dit zijn zo goed als zeker oude perceelsgrenzen en compactiesporen van recente landbouwbewerkingen. Zuidwestelijk in deelgebied A is een zone met hoge EC aanwezig. Gezien de vorm kan deze mogelijk aan een vroegere dijkdoorbraak gelinkt worden? Centraal in deelgebied C is een zone met verhoogde geleidbaarheid aanwezig die mogelijk kan wijzen op de vroegere aanwezigheid van een dijkstructuur.



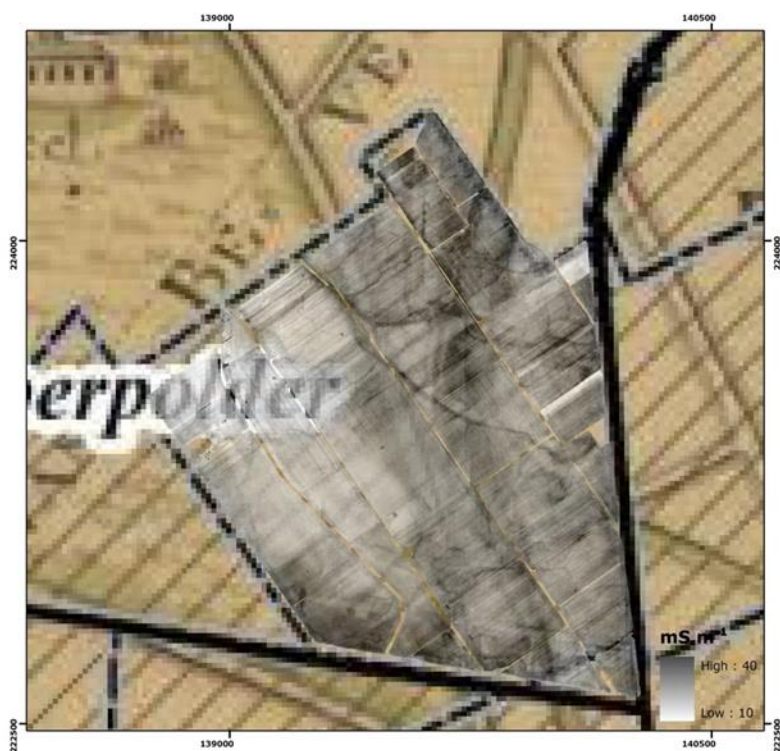
Figuur 4.19 : Aanduiding van de meest prominente sporen op de 4HCP EC meting

Er wordt opgemerkt dat de EMI signatuur geen uitsluitsel biedt over de aard van de sporen. Uitsluitsel kan maar bekomen worden door aanvulling met historische bronnen, gerichte boringen of proefputten. Indien een zekere signatuur kan gekoppeld worden aan terreinobservaties, kan vervolgens een meer doorgedreven interpretatie gebeuren op basis van de vorm en de aard van deze structuren.

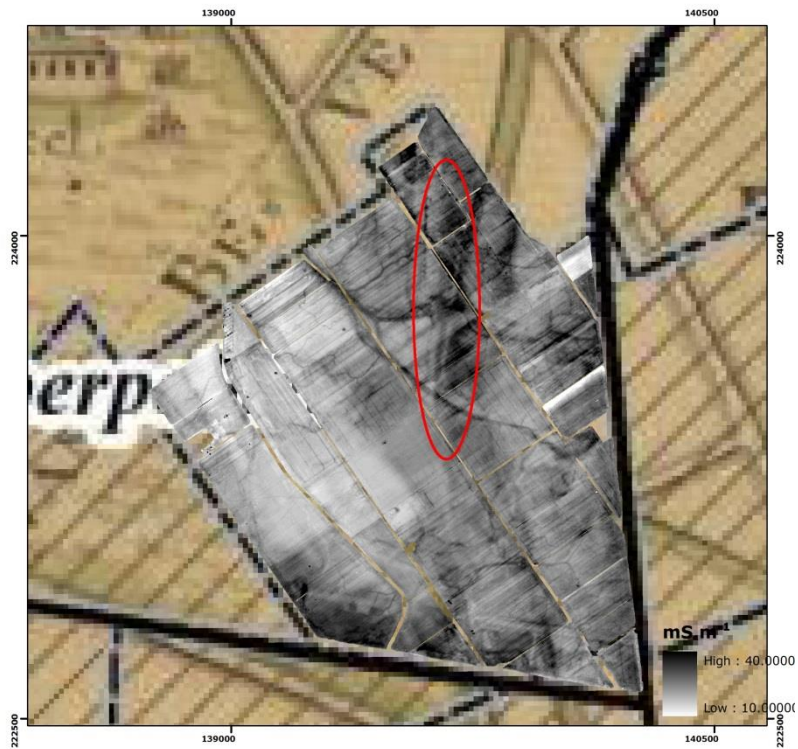
4.3.3 Historische interpretatie sporen

De EC metingen werden teruggekoppeld met gegevens, opgetekend op kaarten vanaf 1570. In 1575 wordt immers voor het eerst een nauwkeurige inzicht in de geografie van het studiegebied verschaft (Figuur 4.20). Op deze kaart wordt het middeleeuws ontginningslandschap aangetroffen in het noordwestelijk deel van de Prosperpolder, onder de vorm van de 'moeren' van Casuwele en Ter Venten (Soens et al., 2012). Op de

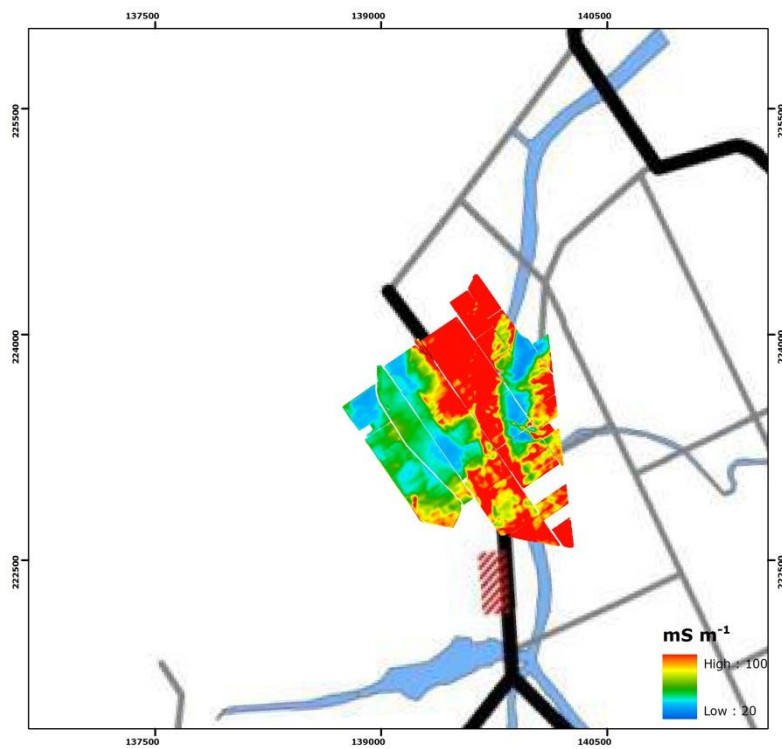
vergelijking van de kaart met de 4HCP EC meting zien we dat de geulstructuur in deelgebieden D en E een structuur een geul was die voor de inundaties, dus rond 1575 aanwezig was, dus waarschijnlijk van middeleeuwse oorsprong. Verder valt ook op te merken dat het oude dijktracé, als aangeduid in Figuur 4.21 vermoedelijk in de geofysische metingen terug te vinden is, dicht tegen de geul zoals hierboven vermeld. De kaart van 1575 dient ± 100 m westelijk verschoven te worden om de geul perfect overeen te doen stemmen met de EC meting (Figuur 4.22). Na de Farnese inundaties tussen 1582 en 1585 kon de getijdenwerking opnieuw de vrije gang gaan in het studiegebied, waardoor diverse geulstructuren ontwikkelden. Een restant van een geulstructuur liep op de huidige gracht die de scheiding vormt tussen deelgebieden A en B. Op deze periode van inundaties volgende verschillende fases van herinpolderingen. Figuur 4.23 toont de situatie na de inpoldering van de Oud-Arenbergpolder, omstreeks 1690. In het studiegebied blijkt een geul aanwezig op de plaats van de middeleeuwse oude geulstructuur. Na de inpoldering van de Nieuw-Arenbergpolder is deze structuur verdwenen, en zijn diverse kleinere geulstructuurtjes aanwezig in deelgebieden D en E (Figuur 4.24), die teruggevonden werden in de meest oppervlakkige 1PRP EC meting. Deze bevinden zich dus duidelijk ondieper dan de middeleeuwse geulstructuur vermits ze van een veel recentere oorsprong zijn (Figuur 4.25, 4.26 en 4.27). Finaal gebeurde rond 1850 de indijking van de Prosperpolder met de aanleg van een nieuwe dijk noordelijk van het studiegebied (Figuur 4.28). Er kwam bewoning ten noorden van het met EMI onderzochte gebied en de 'zigzag' gracht tussen deelgebieden A en B ontstond (als relict van de oudere geulstructuur?).



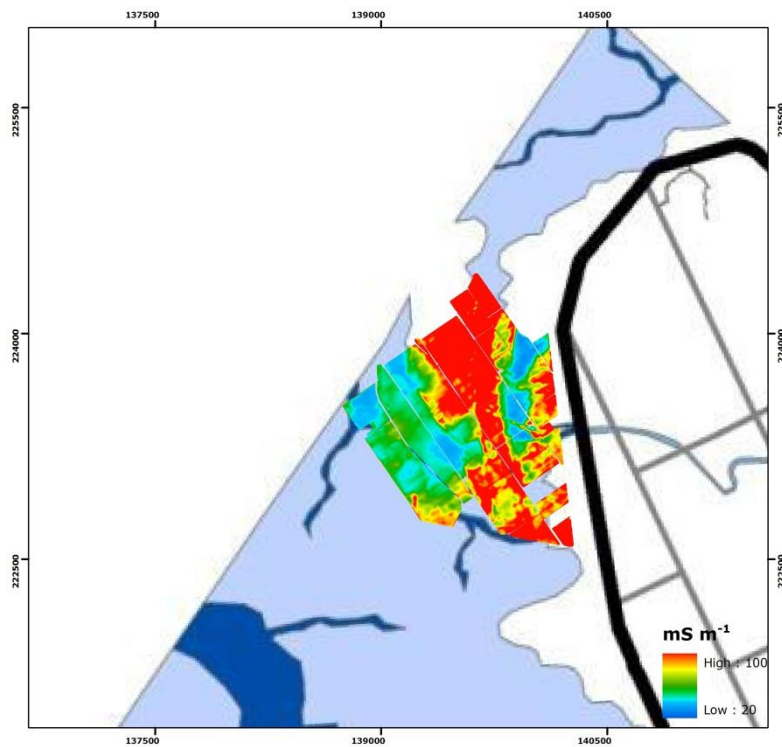
Figuur 4.20 EC meting van de 1PRP spoelconfiguratie geprojecteerd op kaart van 1575 (latere kopie), net voor de inundaties van 1576-1585 (ARA, Arenbergfonds, 1051, Soens et al. (2012)).



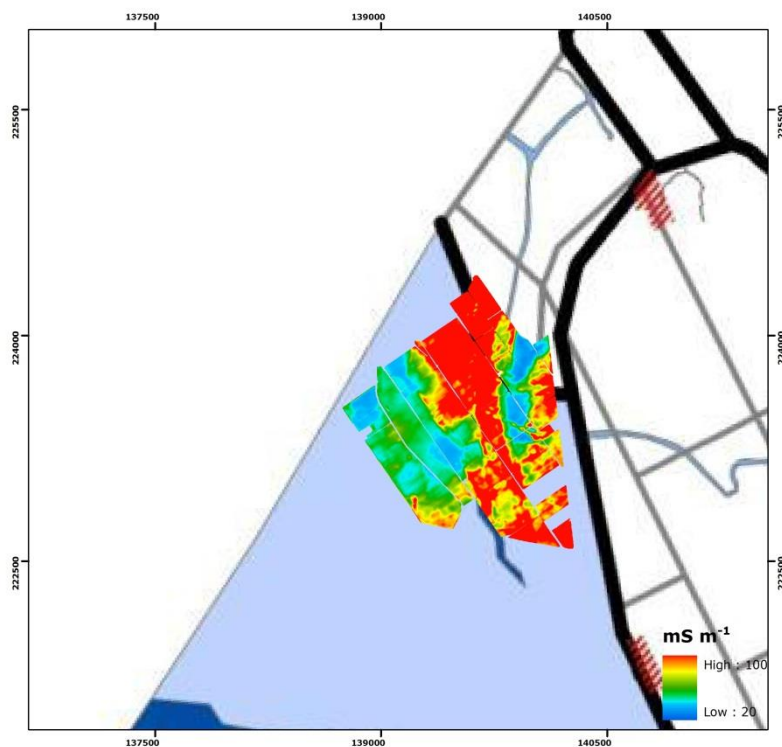
Figuur 4.21 Aanduiding van oud dijkracé (rood) op de EC meting van de 1PRP spoelconfiguraties geprojecteerd op op kaart van 1575 (latere kopie), net voor de inundaties van 1576-1585 (ARA, Arenbergfonds, 1051, Soens et al. (2012)).



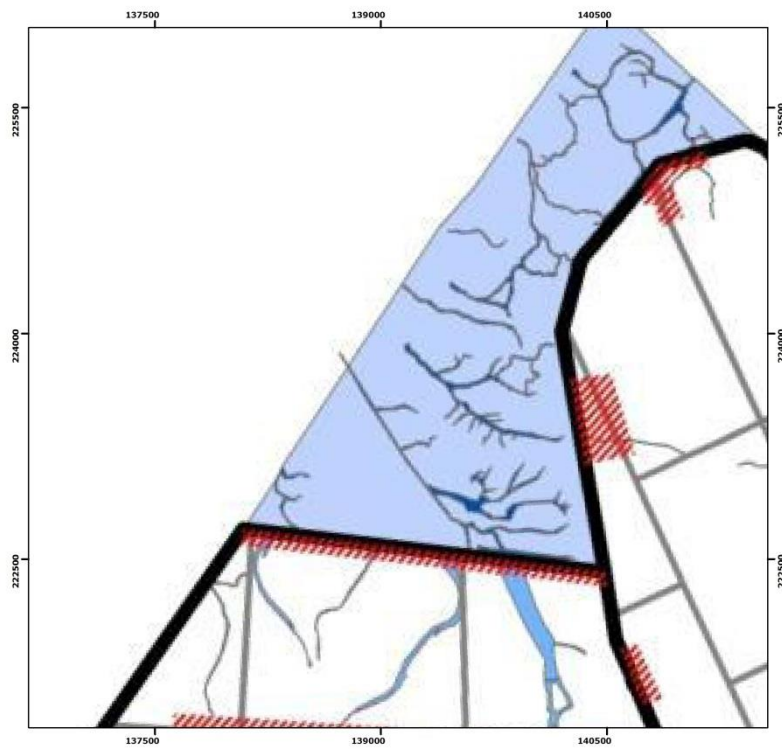
Figuur 4.22 EC meting van de 4HCP spoelconfiguratie op de landschapsreconstructie circa 1570 (Soens et al., 2012) met aanduiding van een dijkracé (zwart), kreek (blauw) en bewoningsplaats (rood).



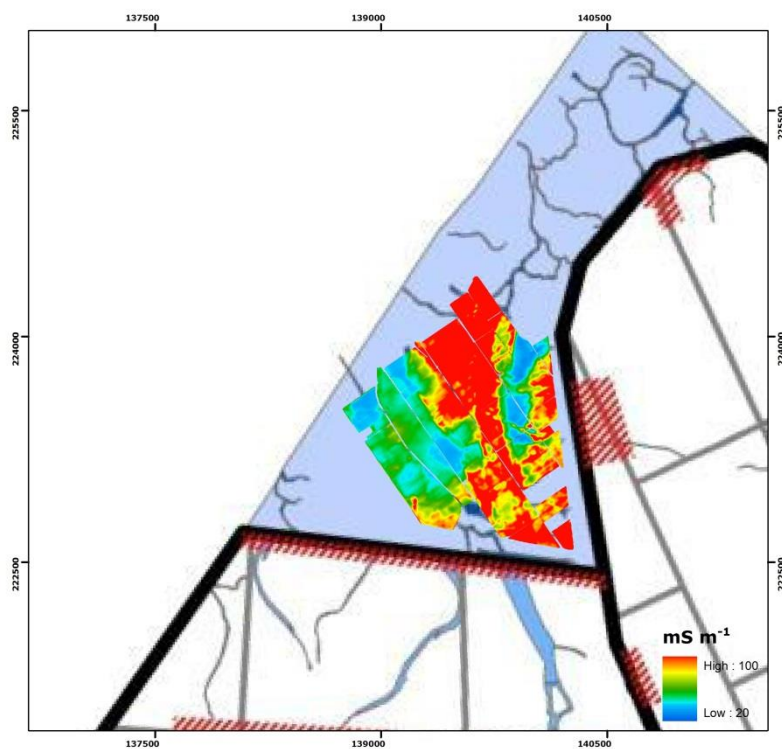
Figuur 4.23 EC meting van de 4HCP spoelconfiguratie op de landschapsreconstructie circa 1615-1620 (Soens et al., 2012) met aanduiding van dijktracé's (zwart), geulen (donkerblauw) en kreek (lichtblauw).



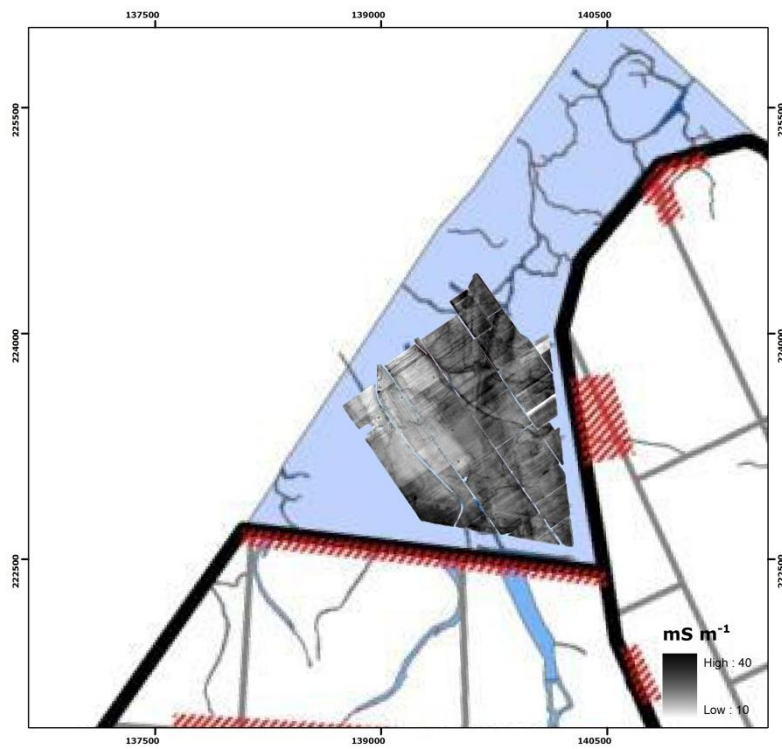
Figuur 4.24 EC meting van de 4HCP spoelconfiguratie op de landschapsreconstructie circa 1690 (Soens et al., 2012) met aanduiding van dijktracé's (zwart), geulen (donkerblauw) en kreek (lichtblauw).



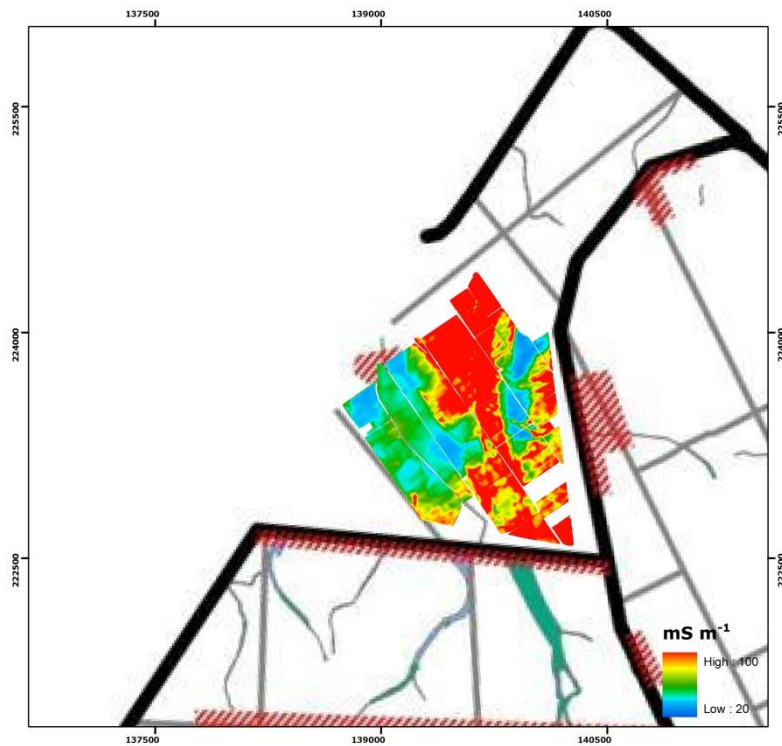
Figuur 4.25 Landschapsreconstructie circa 1790 met aanduiding van dijktracé's (zwart), geulen (donkerblauw), kreek (lichtblauw) en bewoningsconcentraties (rood) (Soens et al., 2012).



Figuur 4.26 EC meting van de 4HCP spoelconfiguratie op de landschapsreconstructie circa 1790 met aanduiding van dijktracé's (zwart), geulen (donkerblauw), kreek (lichtblauw) en bewoningsconcentraties (rood) (Soens et al., 2012).



Figuur 4.27 EC meting van de 1PRP spoelconfiguratie op de landschapsreconstructie circa 1790 met aanduiding van dijktracé's (zwart), geulen (donkerblauw), kreek (lichtblauw) en bewoningsconcentraties (rood) (Soens et al., 2012).



Figuur 4.28 EC meting van de 4HCP spoelconfiguratie op de landschapsreconstructie circa 1850 met aanduiding van dijktracé's (zwart), kreek (lichtblauw), wegen (grijs) en bewoningsconcentraties (rood) (Soens et al., 2012).

4.4 Elektrische sonderingen (CPT)

4.4.1 Methode

Electrical cone penetration testing (CPT) werd ingezet als geotechnische methode om de diepte en samenstelling van de verschillende lagen in de ondergrond in te schatten op enkele locaties.

Bij het uitvoeren van CPTs, ook gekend als geotechnische sonderingen, wordt een sondeerpunt met conus door middel van buizen statisch de grond ingedrukt. Bij het sonderen met de elektrische conus (CPT-E) worden de weerstanden in de sondeerpunt elektrisch gemeten en bovengronds geregistreerd. Het indrukken van de sondeerpunt en de sondeerbuizen gebeurt continu. De metingen gebeuren continu (dov.vlaanderen.be). Zowel de conus- (q_c , MPa) als de plaatselijke wrijvingsweerstand/kleef (f_s , MPa) en het wrijvingsgetal (R_f , %), de verhouding van conus- op wrijvingsweerstand, kunnen gerelateerd worden aan de ondergrondse lagenopbouw.

De data uit sonderingen verschaffen informatie over het type sediment op een welbepaalde plaats in de diepte. Aangezien de metingen het in-situ mechanisch gedrag van de bodem weergeven en dit verschilt in functie van meerdere bodemvariabelen, kunnen CPTs op zichzelf moeilijk als gedetailleerde lithologische textuureenheden geïnterpreteerd worden. Door vergelijking met een beperkt aantal bijkomende boringen kunnen wel goede correlaties met aangetroffen sedimentologische eenheden vastgesteld worden.

Verschillende studies hebben aangetoond dat veenlagen vooral geïdentificeerd kunnen worden aan de hand van de verhouding tussen beide weerstanden ($> 5-6\%$). In estuariene afzettingen kunnen deze echter ook vastgesteld worden bij niet-geconsolideerde slielagen. Deze zijn echter herkenbaar aan de bijna verwaarloosbare puntweerstand. Terwijl zandlagen een relatief hogere conusweerstand hebben ten opzichte van de wrijvingsweerstand, wordt bij kleilagen meestal net het omgekeerde vastgesteld.

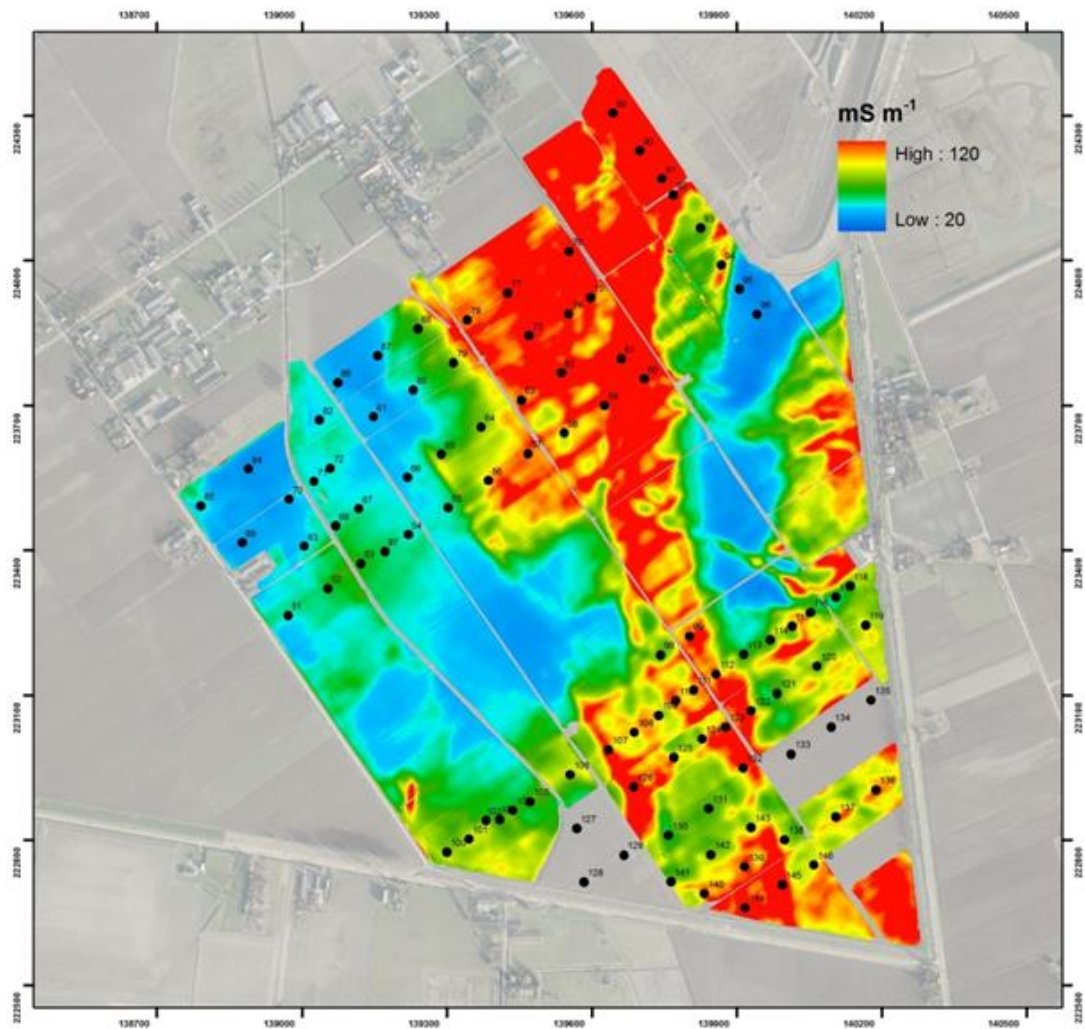
Omdat de sondering ook druk uit oefent op een beperkte afstand vóór en langs de punt van de conus, kunnen we geregistreerde waarden van lagen < 20 cm afwijkend zijn ten opzichte van de normaliter gemeten punt en wrijvingsweerstand.

De interpretatie van sondeergegevens in onverzadigde sedimenten is problematisch. In het studiegebied geldt deze beperking slechts tot 1-1.5m diepte (de diepte van het grondwater).

4.4.2 Survey

In het studiegebied werden 96 elektrische sonderingen uitgezet (additioneel aan de 50 van het vooronderzoek) in een benaderend 100 m x 100 m grid (Figuur 4.29), om enerzijds de variatie in bodemopbouw in te schatten, en ter kalibratie en validatie van het te ontwikkelen dieptemodel. In de boomgaard in deelgebied E konden geen sonderingen gezet worden. Finaal dient dus gewerkt te worden naar een inversiemethode waarbij op basis van de gedetailleerde EMI metingen een gebiedsdekkend beeld van de bodemstratigrafie op basis van EMI metingen wordt verkregen. De gedetailleerde bodemopbouw uit de CPT sonderingen kan immers gebruikt worden als start voor het model waarbij de bodemopbouw wordt ingeschat op basis van de EC metingen uitgevoerd aan het oppervlak. Anderzijds kan de gedetailleerde verticale informatie uit de CPT's als kalibratie van validatie van het dieptemodel dienen, of kleinere laagjes van afwijkende bodemsamenstelling aanduiden die met de EMI inversies moeilijk gevat worden.

In het overgrote deel van de sonderingen werd op basis van de CPT profielen veen aangetroffen. Zelfs in de oude geulstructuur werd een veenlaag aangetroffen, maar dieper dan 7 m. De oppervlakkige veenlaag is daar hoogstwaarschijnlijk weg geërodeerd.



Figuur 4.29 Aanduiding van de sondeerlocaties op de 4HCP EC meting

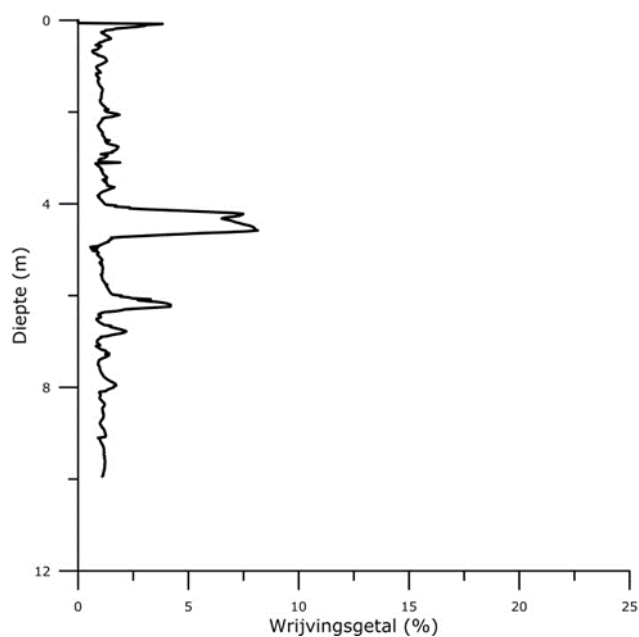
4.4.3 Profieltypes

Hieronder bespreken we enkele referentieprofielen die helpen om de grootschalige EC variaties te interpreteren en de ondergrond te modelleren.

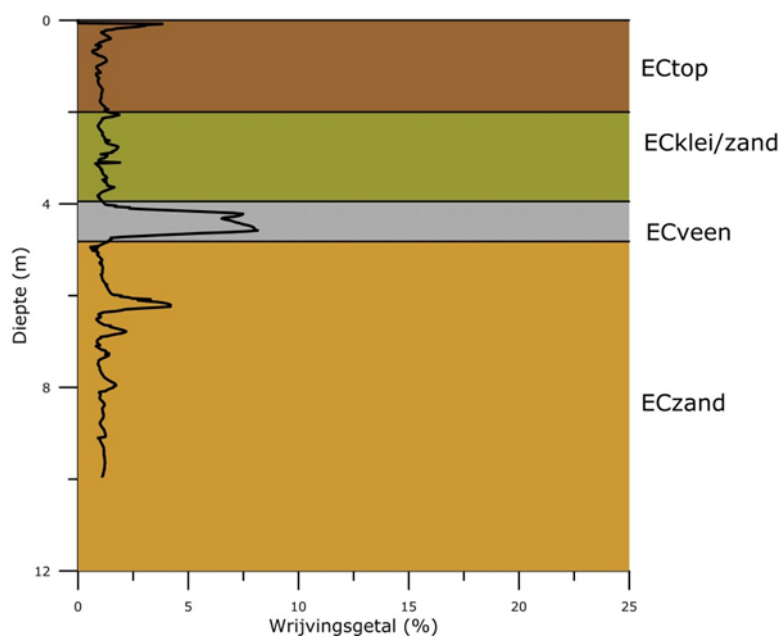
Profieltype 1

Sondering 36 toont een representatief voorbeeld voor de CPT profielen in de zones met vrij lage EC waarden. In dit profiel stijgt het wrijvingsgetal, of de verhouding tussen de conus- en wrijvingsweerstand, vanaf ongeveer 3.9 m diepte tot iets minder dan 10 %, waarna deze opnieuw naar de achtergrondwaarde zakt tot op een diepte van 4.8 m (Figuur 4.30). Hieruit valt dus af te leiden dat een veenlaag aanwezig is tussen 3.9 en 4.8 m onder het bodemoppervlak, dus met een dikte van ongeveer 1 m. Gebaseerd op dit profiel kunnen we dus een 4-lagig bodemprofiel opstellen waarbij we aannemen dat we over de bovenste 1 á 2 m niet veel kunnen zeggen (inherent aan de CPT techniek) (Figuur 4.31). Daarenboven zien we dat in de EC metingen met meetdiepte tot ongeveer 2 m enkele fijne lineaire structuren aanwezig zijn, dus die bodemlaag veronderstellen we variabel (ECtop). Daaronder veronderstellen we een afwisseling van vooral zand en andere getijdenafzettingslaagjes (ECKlei/zand) vermits de conusweerstand over het algemeen groter is dan de wrijvingsweerstand (Figuur 4.32). Vooral onder de veenlaag zien we dat de conusweerstand aanzienlijk toeneemt, waardoor we daar een zandlaag kunnen veronderstellen (Weichsel dekzand). Vermits de EC van verschillende zandlaagjes met verschillende korrelgrootte (fijn zand ten opzichte van grof zand) niet veel varieert, en overal in het studiegebied de

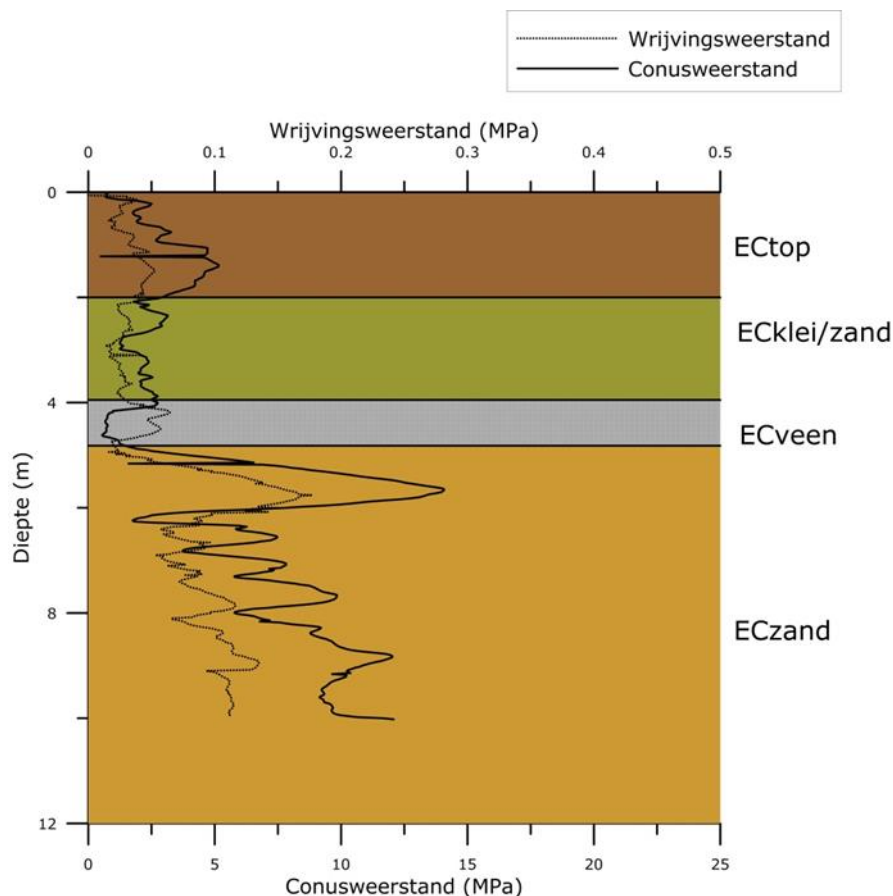
conusweerstand de hoogte inschiet onder het veen, veronderstellen we een laag met van vaste EC onder de veenlaag in het volledige studiegebied.



Figuur 4.30 : CPT profiel van het wrijvingsgetal van sondeerlocatie 54



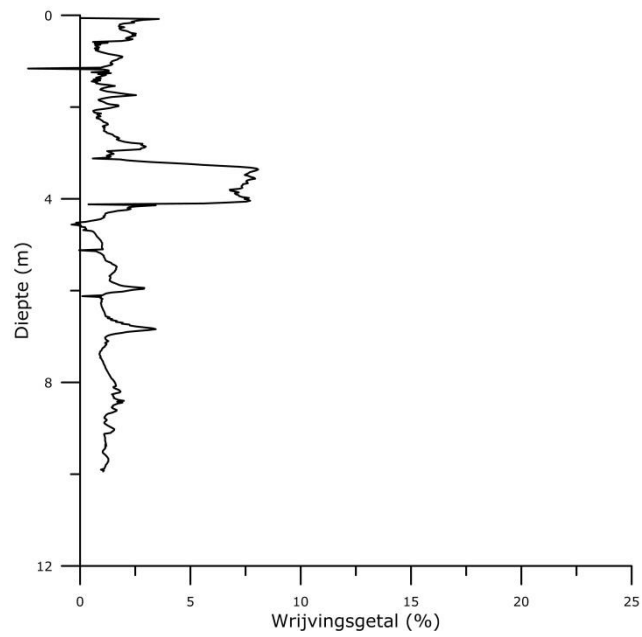
Figuur 4.31 CPT profiel met aanduiding van het wrijvingsgetal en het vooropgestelde bodemmodel op sondeerlocatie 54



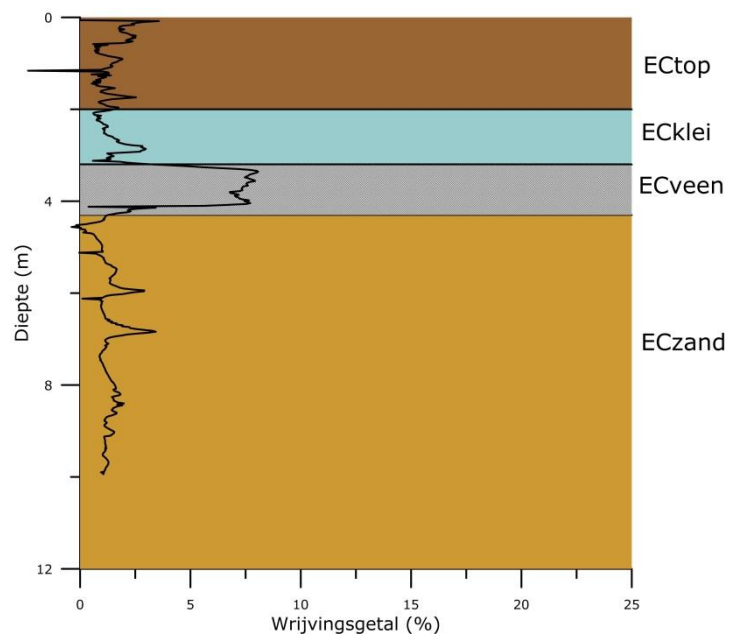
Figuur 4.32 CPT profiel met aanduiding van de conus- en wrijvingsweerstand en het vooropgestelde bodemmodel op sondeerlocatie 54

Profieltype 2

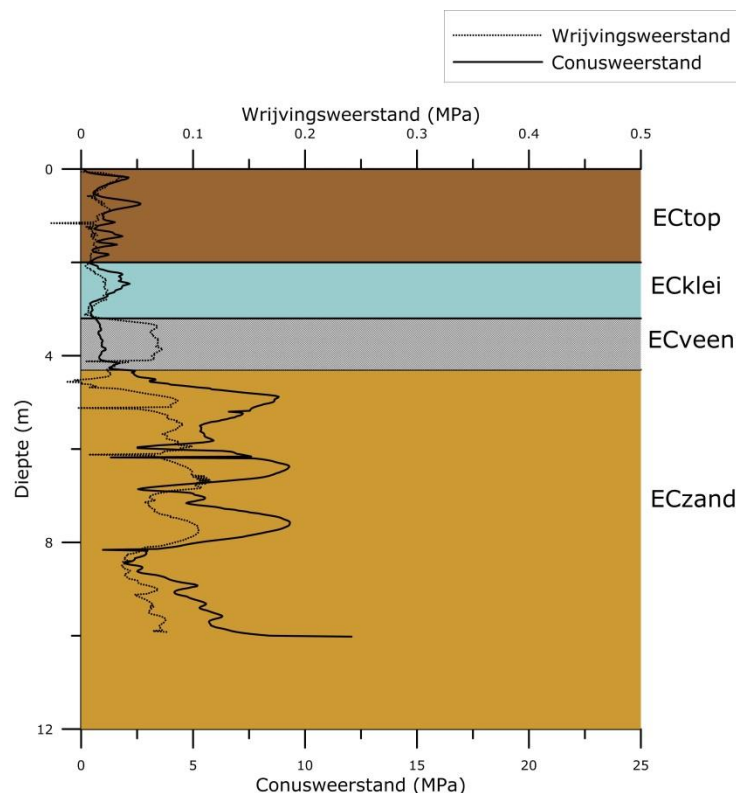
Wanneer we de profielen in de zones met hoge EC bekijken, zien we twee duidelijk verschillende types profielen. Het eerste type wordt aangetroffen in een zone in deelgebied C, D, I, J en K. In die gebieden zien we profielen waar er een veenlaag van ongeveer 1.0 a 1.2 m aanwezig is in het bodemprofiel, die zich minder diep onder het bodemoppervlak situeert in vergelijking met de veenlaag in de zones met lage EC. In sondering 58 is een duidelijk een veenlaag aanwezig vanaf een diepte van ongeveer 3.2 m tot 4.3 m diepte, op die dieptes wordt het wrijvingsgetal immers terug lager dan 1-2 % (Figuur 4.33 en Figuur 4.34). Wanneer de conus- en wrijvingsweerstand vergeleken worden, blijkt de laag boven de veenlaag een lage waarde te vertonen voor beide variabelen. Er kan dus aangenomen worden dat er zich een kleilaag bevindt boven de veenlaag in deze zones. Opnieuw nemen we een variabele bovenlaag tot een diepte van 2 m, daaronder blijkt een kleilaag aanwezig te zijn bovenop de veenlaag (ECKlei) (Figuur 4.35). Onder de veenlaag bevindt zich zand (Weichsel dekzand), vermits de conusweerstand enorm groot wordt. In dit profiel bevindt zich nog een klein veenlaagje in het dekzand, maar dit nemen we niet in beschouwing bij het opstellen van een stratigrafisch model omdat dit geen substantiële invloed heeft in het totale opgemeten bodemvolume.



Figuur 4.33 CPT profiel met aanduiding van het wrijvingsgetal op sondeerlocatie 58



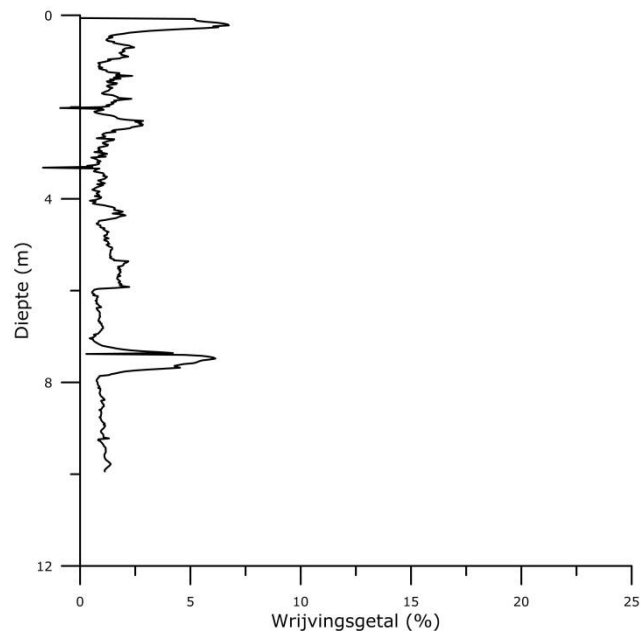
Figuur 4.34 CPT profiel met aanduiding van wrijvingsgetal en het vooropgestelde bodemmodel op sondeerlocatie 58



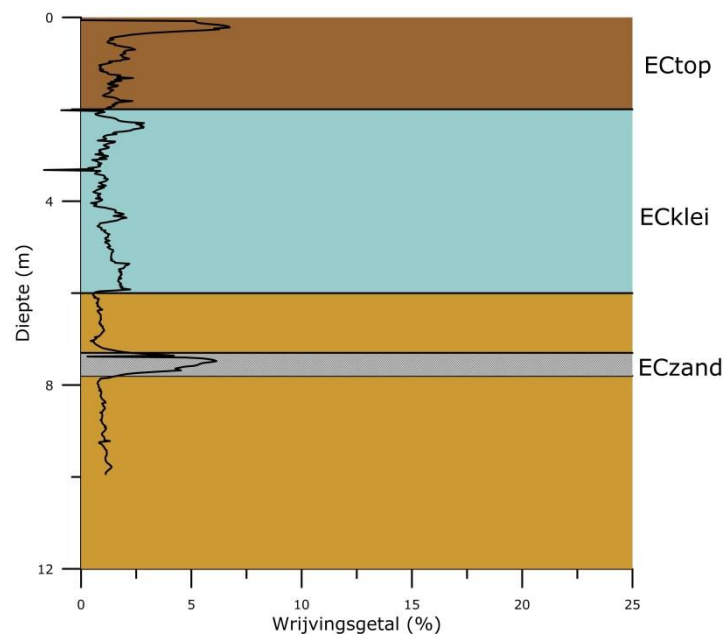
Figuur 4.35 CPT profiel met aanduiding van de conus- en wrijvingsweerstand en het vooropgestelde bodemmodel op sondeerlocatie 58

Profieltype 3

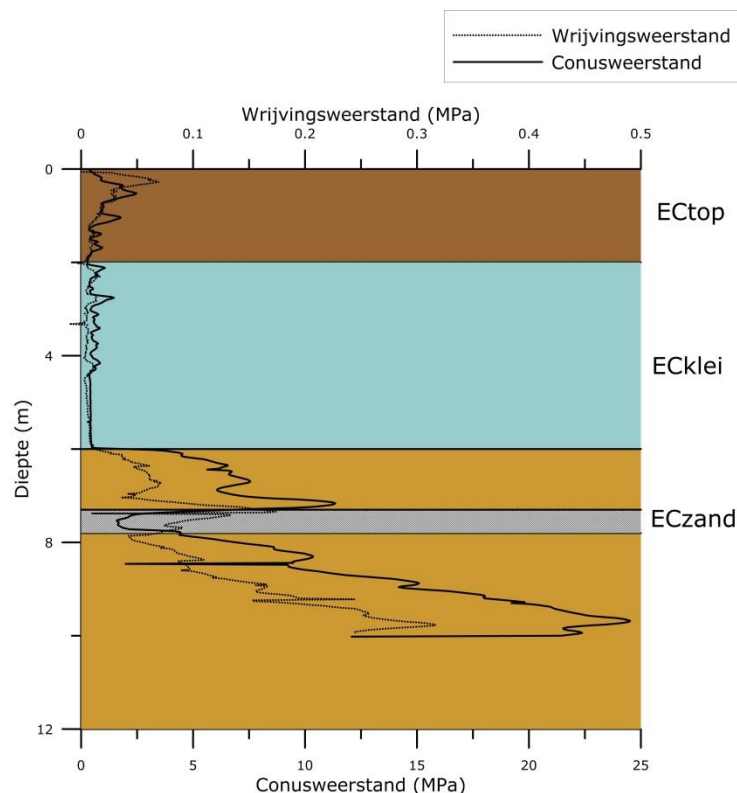
Een tweede variatie op CPT profielen in zones met hoge EC wordt aangetroffen in een 150 m brede EC verhoging (hierboven aangeduid als oude geulstructuur) in deelgebieden D, E en I. De CPT profielen die zich in deze zone bevinden vertonen niet echt grote analogie met de hierboven beschreven profielen in de andere zones. De kleine variatie van het wrijvingsgetal in de diepte (Figuur 4.36) toont dat er niet echt een veenlaag aanwezig is in het bodemprofiel op sondeerlocatie 124, de verhouding tussen conus- en wrijvingsweerstand blijkt nergens groter dan 5 % te zijn in dit profiel (Figuur 4.37). Uit Figuur 4.39 kan wel afgeleid worden dat een vrij dikke laag klei afgezet is in deze oude geulstructuur (± 4 m) waarvan de top zich vrij ondiep onder het bodemoppervlak bevindt. In dit profiel is de kleilaag aanwezig vanaf een diepte van ongeveer 2 m, terwijl deze in andere analoge profielen in deze geul dikwijls ondieper aanwezig is. Grofweg kan hier dus een 3-lagige bodemopbouw van een variabele toplaag bovenop een dikke kleilaag en een zandlaag (Weichsel dekzand) vooropgesteld worden. Zowel de diepte van de boven- als ondergrens van de kleilaag kan variabel verondersteld worden. Er is rond een diepte van 7.2 m nog een veenlaag van geringe dikte (0.5 m) aanwezig in dit profiel. Gezien de grote diepte en geringe dikte kan de dikte of diepte van deze veenlaag niet gemodelleerd worden op basis van de EMI metingen, deze veenlaag wordt dus niet meegenomen in het vooropgestelde bodemmodel, maar wordt dus opgenomen in de ECzand.



Figuur 4.36 CPT profiel met aanduiding van het wrijvingsgetal op sondeerlocatie 124



Figuur 4.37 CPT profiel met aanduiding van wrijvingsgetal en het vooropgestelde bodemmodel op sondeerlocatie 124



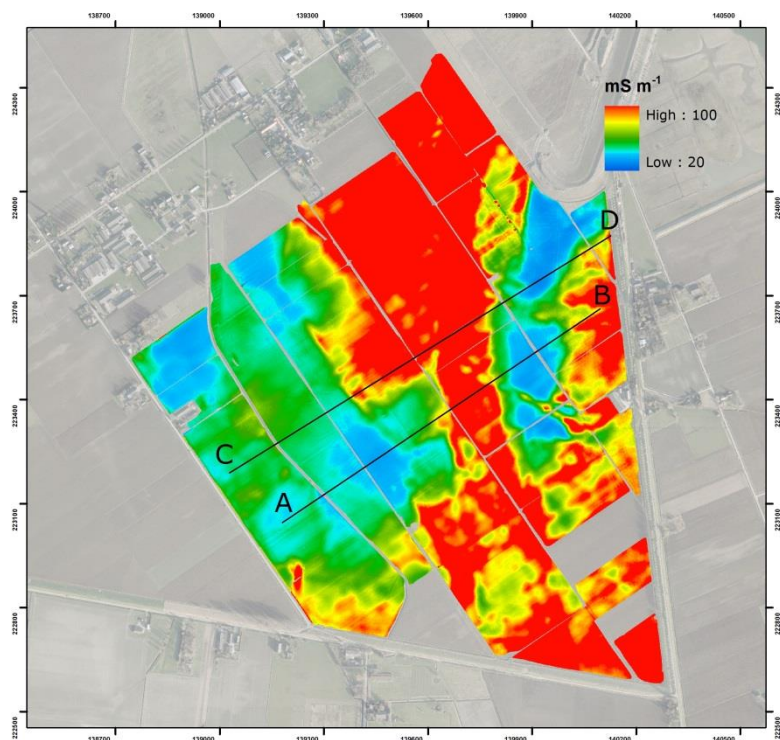
Figuur 4.38 CPT profiel met aanduiding van de conus- en wrijvingsweerstand en het vooropgestelde bodemmodel op sondeerlocatie124

Algemeen verwachten we dus een toplaag met variabele ECTop van een dikte van ongeveer 2 m met daaronder een vrij zandige laag ECKlei/zand in de laag-conductieve zones en een kleilaag ECKlei in de hoog-conductieve zones bovenop een veenlaag ECveen van vrij constante dikte en een zandlaag ECzand die als vrij homogeen verondersteld kan worden. In de geulstructuur is een dikke laag klei afgezet. De geulwerking heeft vermoedelijk een erosie van het veen teweeggebracht tot een diepte van 6 m, waardoor in de geulstructuur enkel dieper dan 7 m nog veen meer aanwezig is.

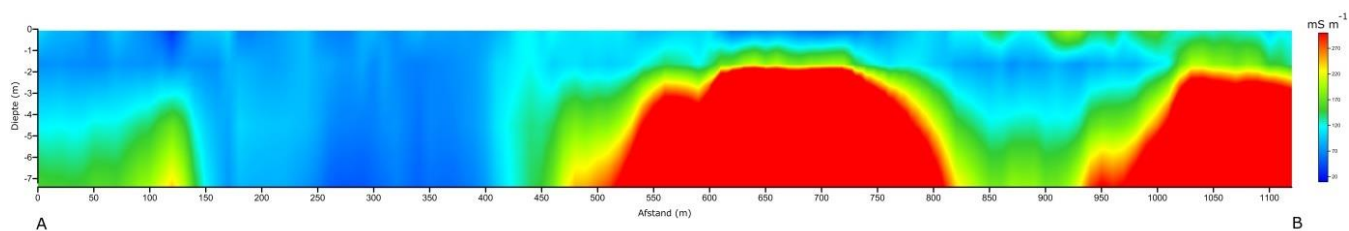
4.5 Inversie van de elektromagnetische inductiedata met behulp van CPT-sonderingen

4.5.1 2-D tomografie

Een quasi twee-dimensioneel model van de ondergrond kan verkregen worden door de combinatie van de verschillende metingen van de EC met de verschillende spoelconfiguraties, die dus verschillende bodemvolumes omvatten. Naar analogie met elektrische resistiviteit-tomografie, kunnen dus als het ware doorsnedes van de ondergrond verkregen worden, die gebruikt kunnen worden om de bodemgelaagdheid te achterhalen in termen van elektrische geleidbaarheid. Belangrijk is dat hier een bodemopbouw als startmodel kan vooropgesteld worden dat zo goed mogelijk de realiteit benadert. Daarom werd uitgegaan van een 4-lagig bodemmodel. De resultaten van 2 transecten AB en CD, die de volledige range van EC waarden omvatten, werden hieronder weergegeven.

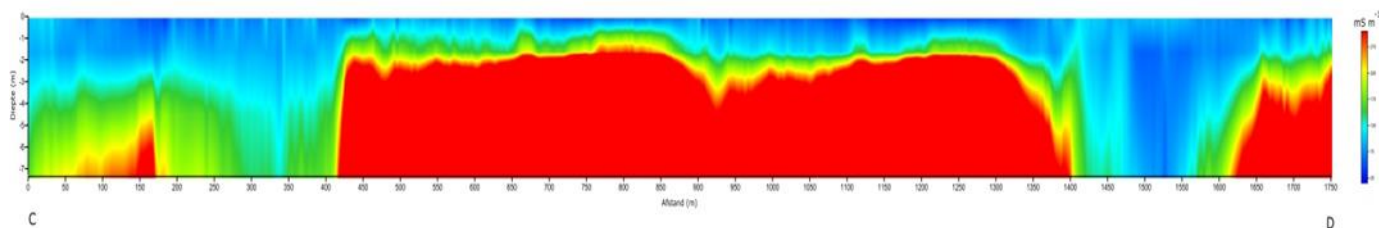


Figuur 4.39 EC meting van de 4HCP speelconfiguratie met locatie van transecten AB en CD



Figuur 4.40 EC in functie van de diepte langsheen transect AB

Langsheen transect AB (Figuur 4.39 en 4.40) zijn er hoge EC waarden waarneembaar ter hoogte van de oude geul, en nabij het eind van het transect. Transect CD (Figuur 4.41) daarentegen toont een verhoging ter hoogte van het zuiden van deelgebieden C en D en in deelgebied F. Beide transecten blijken enkel de grote verschillen in EC weer te geven. Met deze techniek kunnen dus enkel de grotere EC variaties in de diepte achterhaald worden. Vermits er nogal een 'smooth' model van de bodemopbouw verkregen wordt, blijken de subtielere, kleinere veenlaagjes in dit profiel afwezig. Ook slaagt het model er niet in om de onderliggende zandlaag (met lage EC) in kaart te brengen, of om de diepte van de grens tussen de klei of het veen en het onderliggende zand in te schatten. Daarom blijkt deze 2-D inversietechniek niet echt bruikbaar in functie van de vraagstelling.



Figuur 4.41 EC in functie van de diepte langsheen transect CD

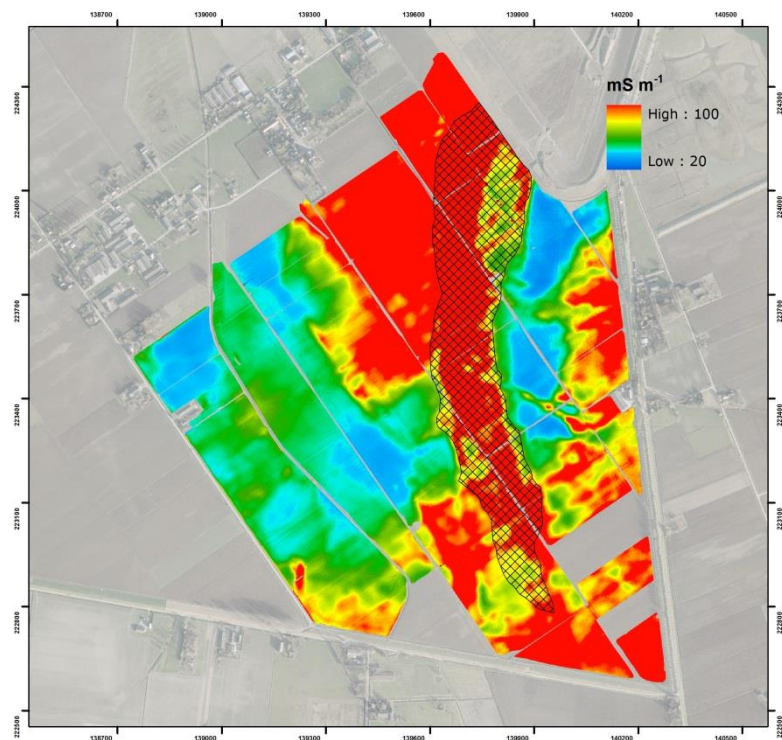
4.5.2 1-D Dieptemodellering

De simultane registratie van meerdere bodemvolumes laat toe om op elke meetlocatie, dus om de 20 cm in de lijn, en met 3 m tussen de lijnen, een combinatie te doen van de EC metingen van de 6 verschillende spoelconfiguraties om het vooropgestelde model van de bodemopbouw gedetailleerd te benaderen. Er kan dus op elke plaats via een 1-D inversie een inschatting van de diepte tussen de verschillende lagen (en/of EC van de lagen) gemaakt worden.

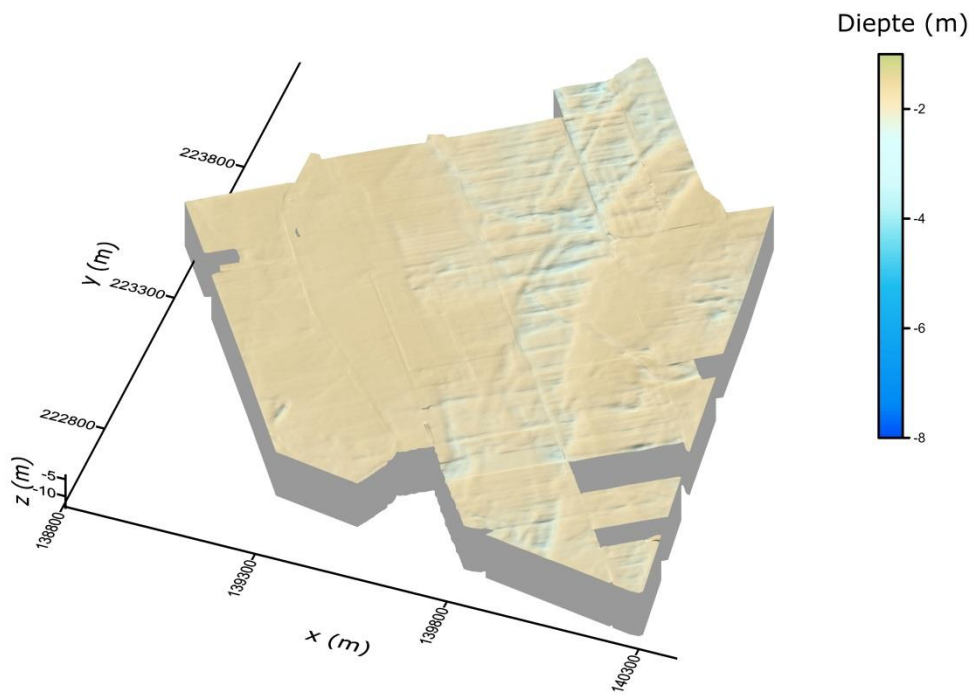
Die geïnverteerde dieptes van de grenzen tussen de verschillende lagen kunnen dan dienen tot de aanmaak van paleogeografische kaarten, waarnaar vervolgens archeologische boringen gericht kunnen uitgevoerd worden. Met 1-D inversies van de simultane EC metingen zou dus een dieptemodel met nauwkeurigheid van 0.5 m gemaakt moeten worden van de top van het Pleistoceensubstraat (dekzand) en basis en top van het veenpakket.

Op basis van de EC metingen en de CPT profielen konden dus drie verschillende zones onderscheiden worden, die elk een verschillende bodemopbouw hadden. Figuur 4.42 toont de aflijning van zone 1, waar een drie-lagig bodemmodel kan vooropgesteld worden (Figuur 4.42) met een variabele toplaag bovenop een kleilaag van variabele dikte (Ecklei) en een zandlaag (ECzand). Na een minimalisatieprocedure, waarbij het de som van het gekwadrateerde verschil tussen enkele dieptes van de ondergrens tussen de klei en het zand werd geminimaliseerd, kon een waarde van 278 mS m⁻¹ toegekend worden aan de kleilaag en een waarde van 20 mS m⁻¹ aan de zandlaag. Deze waarde zal constant genomen worden voor het gehele studiegebied.

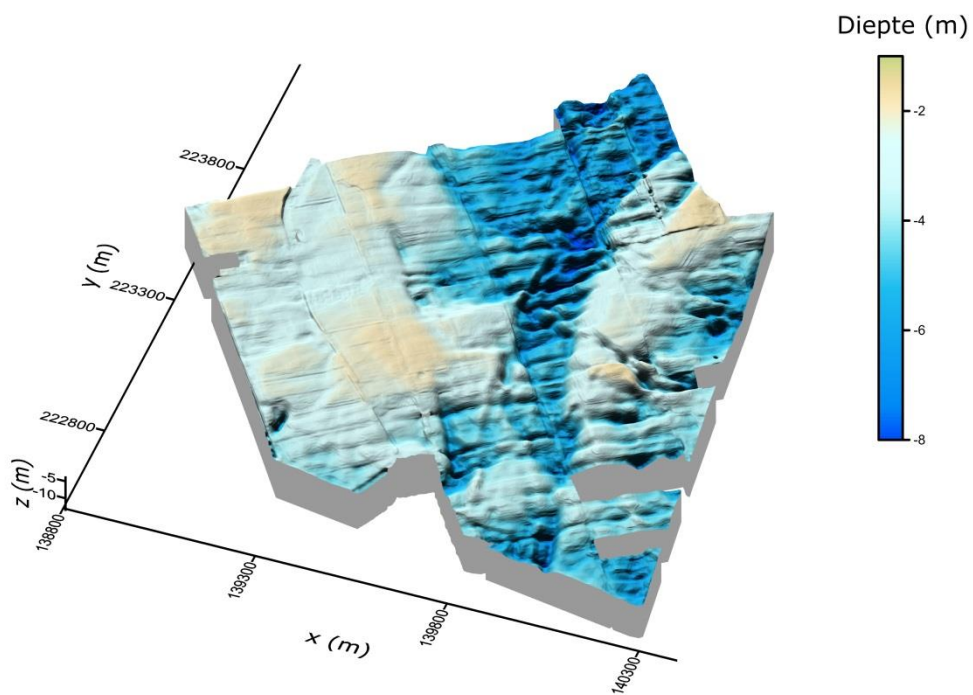
De gemodelleerde boven- en onderkant van de geulopvulling worden drie-dimensioneel weergegeven in Figuur 4.42 en Figuur 4.43 voor het gehele studiegebied, dus niet uitgesneden voor zone 1. De ondergrens van de geulopvulling vertoont een grote variatie in diepte, te wijten aan de verstoring van de EC metingen door oude gracht- of kanaalsystemen en kan niet echt goed de CPT geobserveerde dieptes voorspellen. Op de plaatsen waar deze grachttopvullingen aanwezig waren in de ondergrond werd een te grote diepte van de ondergrens van de geulopvulling ingeschat.



Figuur 4.42 Aanduiding van zone 1 op de 4HCP EC meting



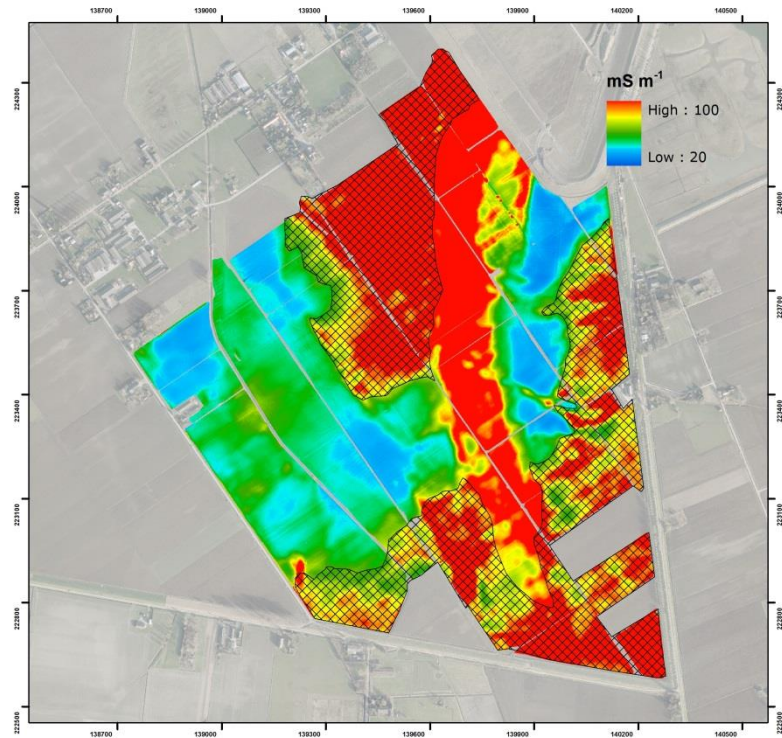
Figuur 4.43 3-D voorstelling van de diepte van de bovenzijde van de klei



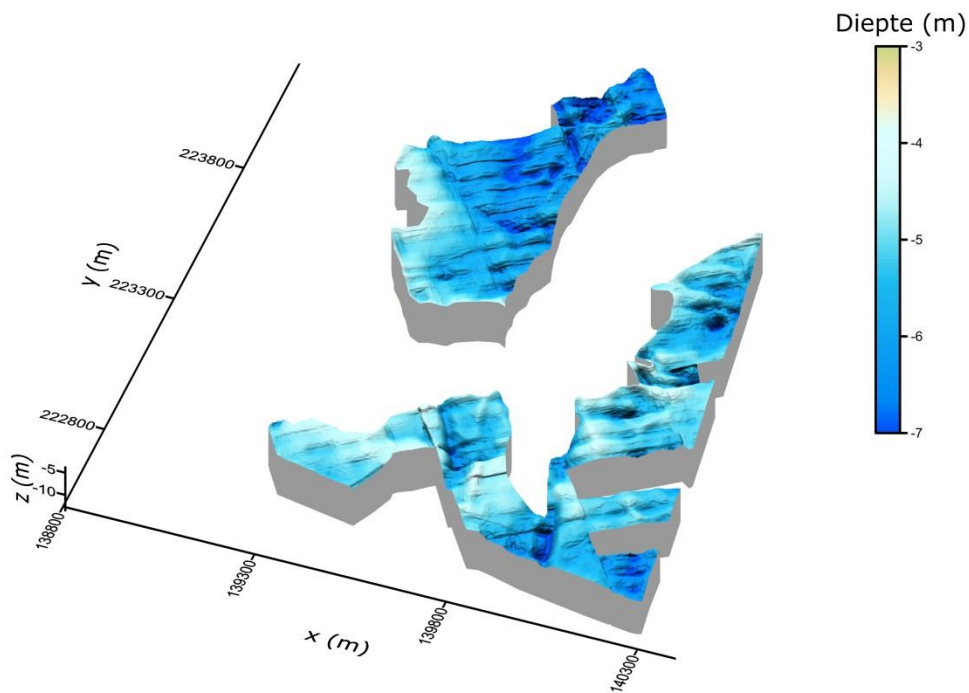
Figuur 4.44 3-D voorstelling van de diepte van de onderzijde van de klei

Figuur 4.46 toont zone 2, waarbij een 4-lagig model was vooropgesteld met een variabele toplaag tot een diepte van 2.0 m bovenop een kleilaag met een EC van 278 mS m^{-1} en een veenlaag met vaste dikte van 1.35 m waar de

zandlaag met gemodelleerde EC van 20 mS m^{-1} zich onder bevindt. Na minimalisatie het verschil tussen de geobserveerde en gemodelleerde dieptes van de grens tussen het veen en het zand kon een EC van de veenlaag van 95 mS m^{-1} berekend worden. Gegeven de variabele EC van de toplaag kon op elke meetlocatie de EC van de bovenste 2 m berekend worden, tezamen met de dieptes tussen de klei- en veenlaag en tussen de veen- en zandlaag, gegeven een dikte van 1.4 m (gemiddelde van alle geobserveerde veendiktes uit de CPT sonderingen) van het veen. Figuur 4.47 toont de gemodelleerde diepte tussen het veen en het zand voor de uitgesneden zone 2. Hierbij valt op dat er slechts geringe verschillen in diepte waarneembaar zijn. De grens tussen het veen en het zand situeert zich voor het grootste deel van zone 2 tussen de 4.5 en 7.0 m onder het bodemoppervlak. De dieptes van de onderzijde van het veen worden met een relatieve fout van 0.47 m, wat lager is dan de beoogde 0.5 m.

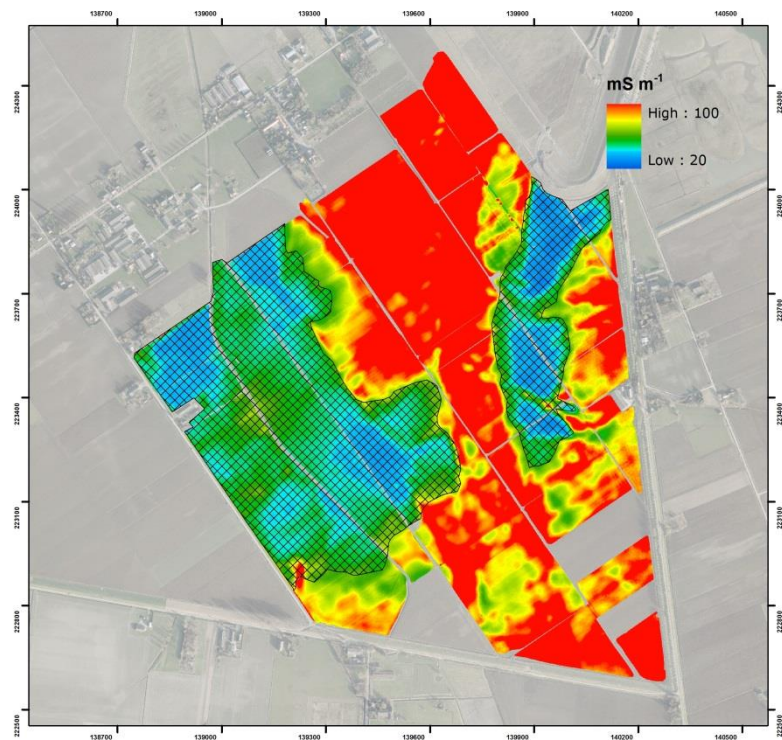


Figuur 4.45 Aanduiding van zone 2 op de 4HCP EC meting

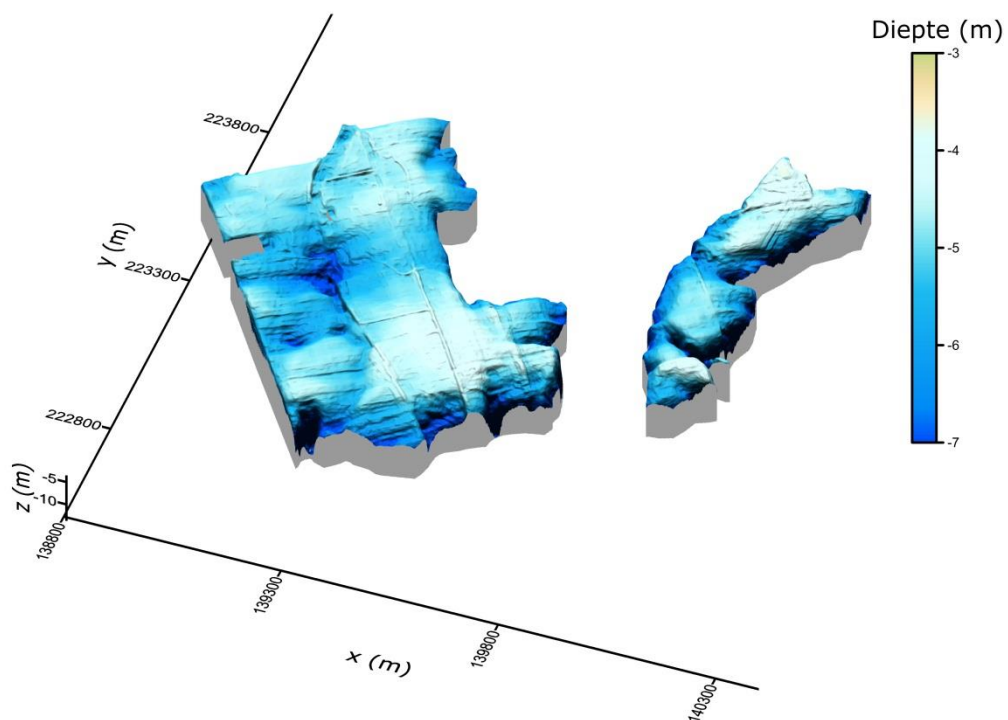


Figuur 4.46 3-D voorstelling van de diepte van de grens tussen het veen en het zand voor zone 2

Finaal kan een voorspelling gemaakt worden van de grens tussen het veen en het zand voor zone 3, oftewel voor de zone waar vooral zand, afgewisseld met kleine kleilaagjes bovenop het veen aanwezig is (Figuur 4.47). In die zone kon op bepaalde plaatsen geen veen aangetroffen worden. Hier werd opnieuw uitgegaan van een 4-lagig bodemmodel, met een variabele toplaag tot 2 m diepte, een zandlaag met een EC van 20 mS m^{-1} bovenop een veenlaag (95 mS m^{-1}) met een vaste dikte van 1.1 m bovenop zand met een EC van 20 mS m^{-1} . Na minimalisatie het verschil tussen de geobserveerde en gemodelleerde dieptes van de grens tussen het veen en het zand werd een ECKlei/zand van 66 mS m^{-1} als optimum voorgesteld. Met deze waarden werd op elke EMI meetlocatie dus de boven- en ondergrens van het veen, gegeven een vaste dikte van 1.1 m van de veenlaag. De resultaten, uitgesneden voor zone 1, zijn weergegeven in Figuur 4.48. De ondergrens van het veen bevindt zich grotendeels tussen de 4.5 en 7.0 m onder het bodemoppervlak voor het volledige studiegebied. De ondergrens kon gemodelleerd worden met een gemiddelde fout van respectievelijk 0.54 m.



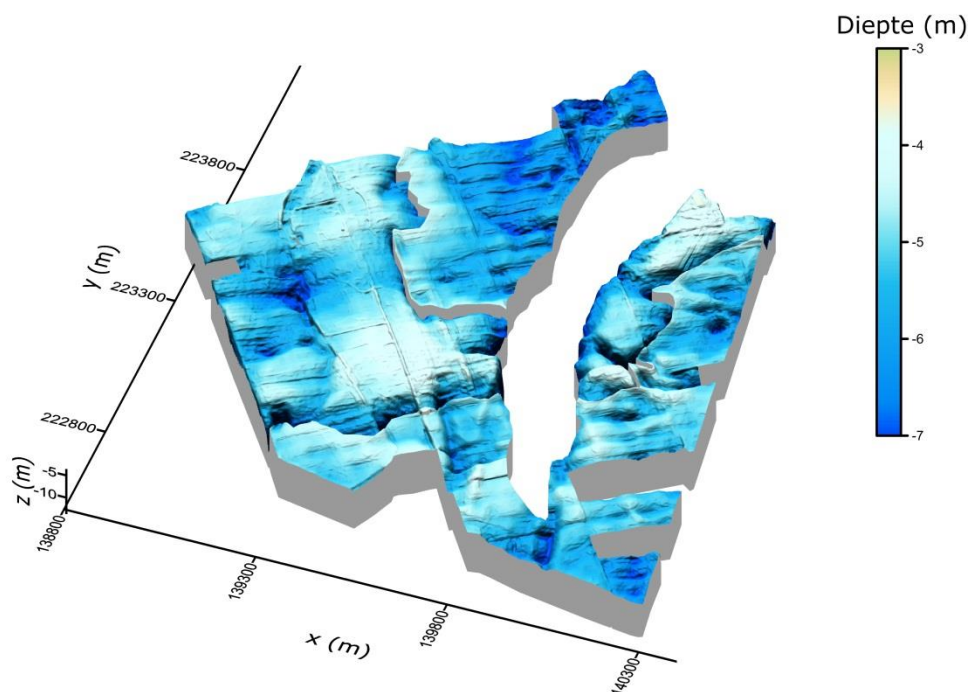
Figuur 4.47 Aanduiding van zone 3 op de 4HCP EC meting



Figuur 4.48 3-D voorstelling van de diepte van de grens tussen het veen en het zand voor zone 3

De dieptes voor zones 2 en 3 zijn samengevoegd in Figuur 4.49. Zone 1 werd hierbij niet meegenomen omdat in deze zone geen veen aanwezig is binnen de 6 m van aan het bodemoppervlak. Uit deze figuur kan afgeleid worden dat het veen, of de bovengrens van het onderliggende zand zich ongeveer op dezelfde hoogte bevindt

in zone 2 ten opzichte van zone 3 (op de randen tussen zone 2 en 3 zijn de voorspellingen minder betrouwbaar). Veel variatie in diepte van het Pleistoceen dekzand is niet aanwezig in zowel zone 2 als zone 3, het blijkt dus vrij horizontaal afgezet te zijn in beide zones. In het volledige studiegebied (buiten de oude geulstructuur) is het veen echter aanwezig binnenin de EC meetdiepte van de diepste spoelconfiguraties, wat mogelijk maakt om variaties in diepte van het dekzand te achterhalen.



Figuur 4.49 3-D voorstelling van de diepte van de grens tussen het veen en het zand voor zones 2 en 3

5. Landschappelijk onderzoek

5.1 Werkwijze

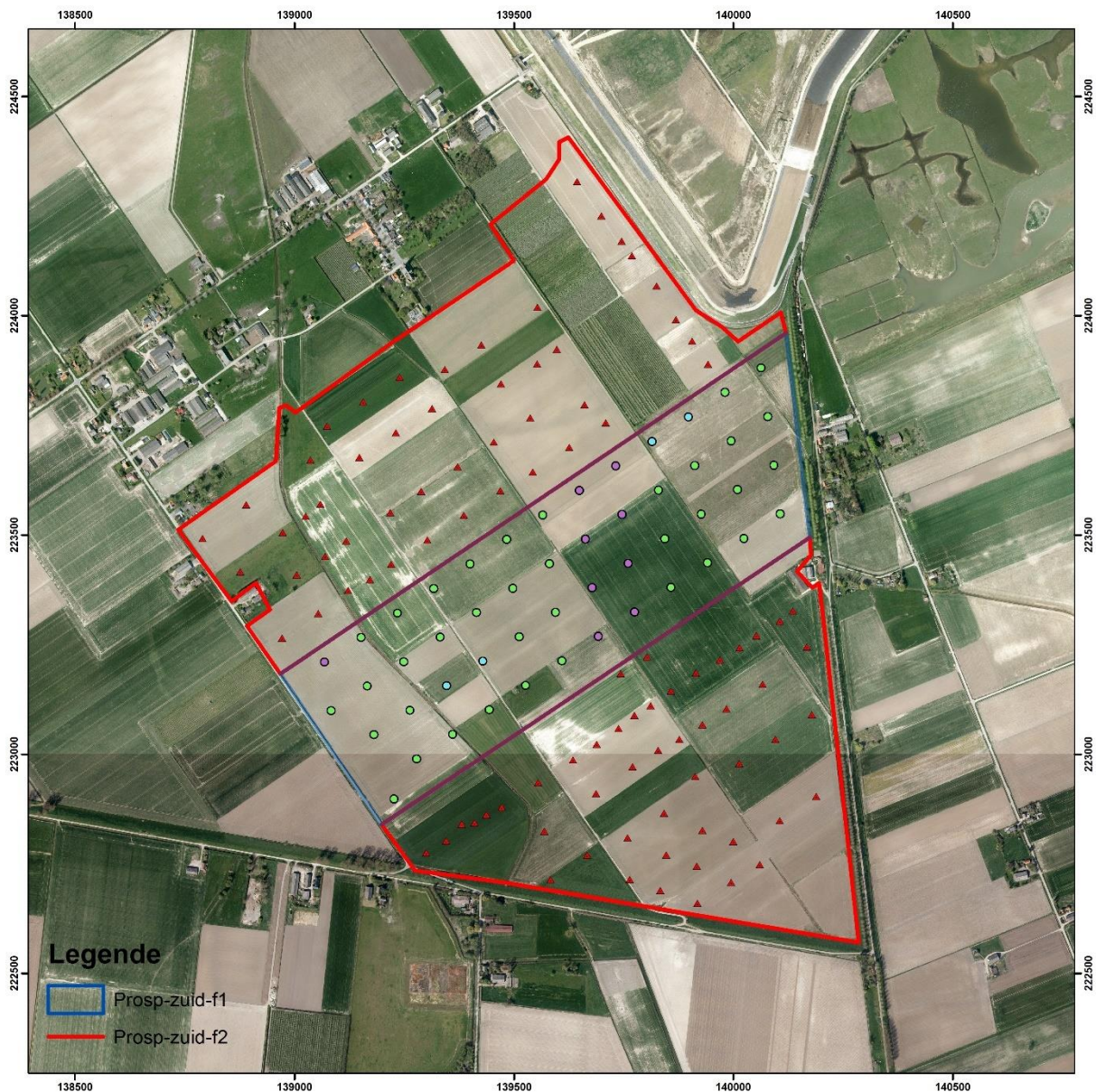
In feite wordt het ondergrondmodel voor het projectgebied opgesteld door de resultaten van de geofysische (EMI) survey te combineren met de data uit de elektrische sonderingen en de landschappelijke boringen. Belangrijk hierbij is dat dit multi-disciplinair onderzoek gefaseerd gebeurt.

Op basis van de resultaten uit de EMI-survey wordt immers de positie bepaald waar door middel van elektrische sonderingen (CPT) de EMI-data in de diepte worden getest. Aanvullend op de elektrische sonderingen zijn er ook enkele mechanische boringen nodig ter validatie van de sonderingen.

5.2 Elektrische sonderingen

5.2.1 Algemeen

In totaal werden er over Fase 1 en 2 gespreid 146 elektrische sonderingen uitgevoerd (fig. 5.1). In Fase 1 werden er 50 uitgevoerd, in Fase 2 zijn er 96 uitgezet en uitgevoerd.



Figuur 5.1 : Uitgevoerde elektrische sonderingen binnen Fases 1 (cirkels) en 2 (driehoeken).

Gezien de tijdsdruk werd tijdens de uitvoering van Fase 1 afgeweken van de oorspronkelijk vooropgestelde werkwijze waarbij de sonderingen pas zouden worden uitgezet op het moment dat de geofysische metingen volledig verwerkt waren. Er werd daarom geopteerd om de sonderingen uit te zetten in een verspringend 100m-direhoeksgrid.

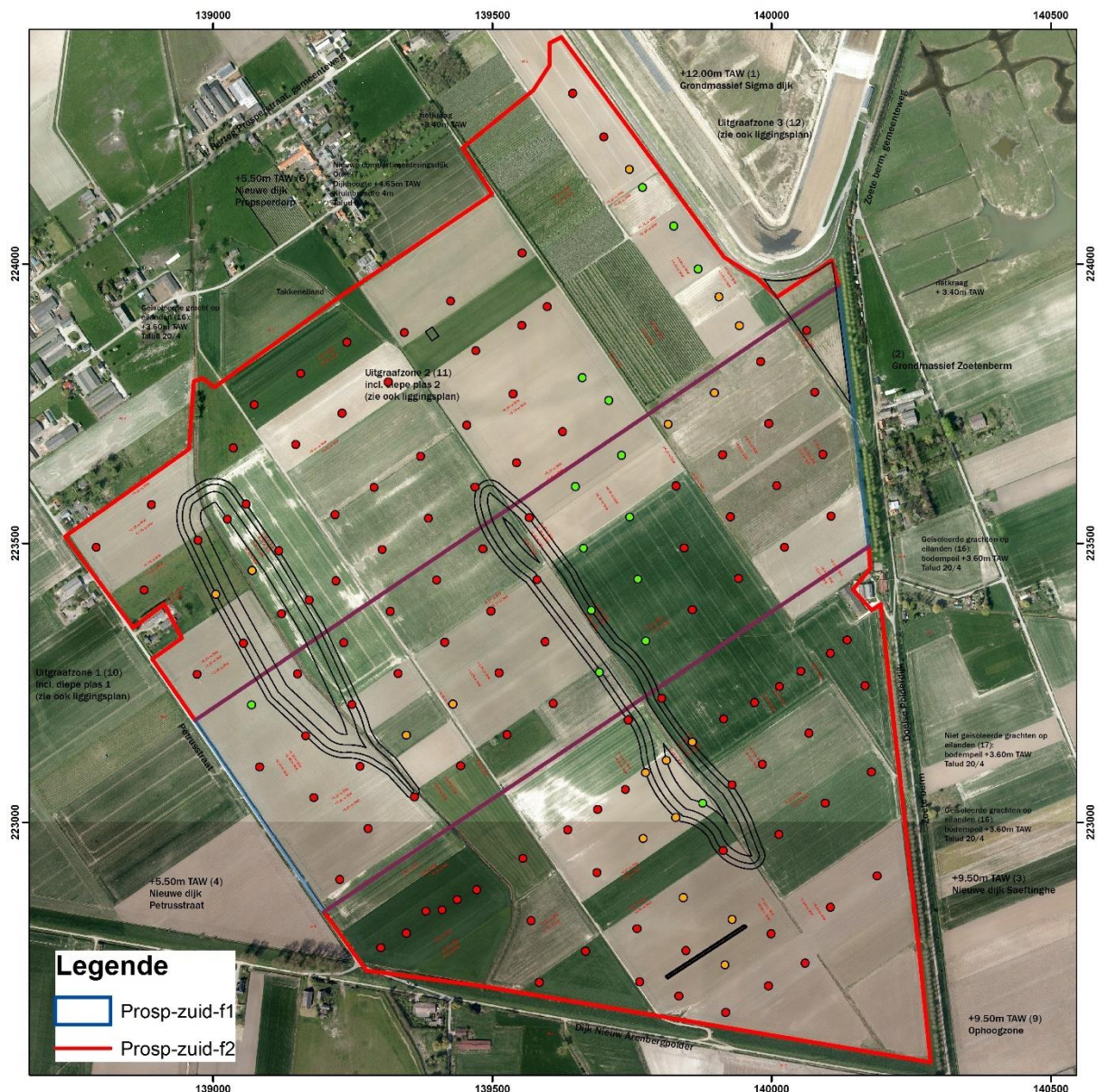
Tijdens Fase 2 werd in de mate van het mogelijke wel rekening gehouden met de resultaten van de EMI-survey en werden de elektrische sonderingen uitgezet volgens noodzakelijkheid in functie van kennisvermeerdering omtrent de stratigrafie binnen het gebied in relatie tot de geplande ingrepen. Hierbij werden enkele terreindoorsneden gemaakt met behulp van sonderingen op één lijn waarbij de onderlinge tussenafstand kleiner was dan bij Fase 1. Verder werden ook sonderingen uitgezet op en nabij grote archeologische structuren (i.e. vermoedelijke dijken) die door middel van geofysisch onderzoek waren gekarteerd en waarvan ook historisch-cartografische bronnen beschikbaar waren.

De elektrische sonderingen (CPT-E) in Fase 1 werden in juli 2015 uitgevoerd en in augustus verwerkt. De CPT-E in Fase 2 werden van 2 t.e.m. 9 maart 2016 uitgevoerd en vanaf 8 maart verwerkt.

5.2.2 Interpretatie elektrische sonderingen in functie archeologie

De 146 elektrische sonderingen kunnen verdeeld worden over 16 terreindoorsneden, hiervan vallen er 4 binnen het gebied van Fase 1 en 11 binnen Fase 2. De terreindoorsneden worden besproken in hoofdstuk 5.4. Hier wordt per sondering nagegaan in welke mate het prehistorisch oppervlak al dan niet bewaard is gebleven.

Indien het (holoceen) veen aanwezig is, kan er vanuit gegaan worden dat het prehistorisch oppervlak aanwezig is vanaf de basis van dat veen (uitgezonderd in sommige geulopvullingen). Een afwezigheid van veen betekent echter niet dat het prehistorisch niveau automatisch is aangetast. Daarom worden de sonderingen waarvoor dit het geval is apart aangeduid op figuur 5.2. Tot slot is er een derde categorie die we onderscheiden, namelijk de sonderingen waarbij het veen afwezig is en waarbij ook het prehistorisch niveau afwezig is. Over het algemeen komt dit overeen met de locaties waar er geulen hebben gelegen met een diepe impact op de ondergrond tot gevolg. Niet alle geulen hebben echter zo'n diepe impact dat ze binnen het gebied het prehistorisch oppervlak hebben geërodeerd.



Figuur 5.2 weergave van de uitgevoerde CPTs; rood : (holocene) veen aanwezig, oranje : (holocene) veen afwezig, maar prehistorisch niveau mogelijk aanwezig, groen : (holocene) veen afwezig, prehistorisch niveau afwezig.

Verder signaleren we ook de sonderingen waar laatglaciale veenlagen aanwezig zijn. Dit is een indicatie van het laatglaciaal niveau en dus ook voor bewoning in het finaal-paleolithicum. Zeker de zones waar dit laatglaciaal veen omhoog komt of dunner wordt, zijn potentieel interessante locaties. Gezien de relatief grote diepte ten opzichte van het maaiveld van dit niveau in relatie tot de geplande diepste vergravingen in het kader van de natuurinrichtingswerken, is deze categorie minder relevant voor deze opdracht.

5.3 Mechanisch landschappelijk booronderzoek

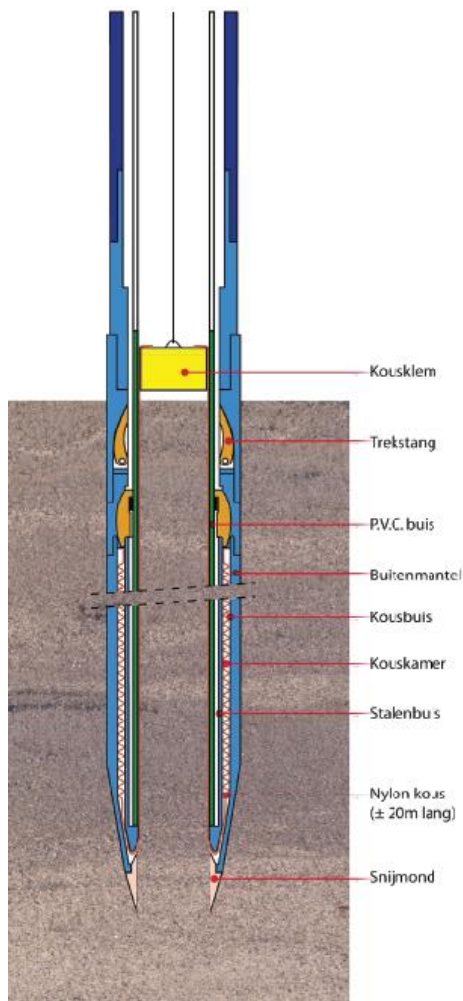
5.3.1 Begemannboringen

In juli 2015 werden 9 mechanische boringen van het type Begemann uitgevoerd. Gezien de tijdsdruk werden deze boringen noodgedwongen gelijktijdig uitgevoerd met de uitvoering van de elektrische sonderingen binnen Fase 1. Normaal gezien dienden deze boringen immers gericht uitgevoerd te worden na de verwerking van de sondeerdata. Nu gebeurde de positionering van de Begemann-boringen op basis van de EMI-data.

Met Begemann continue monsternamen kunnen in slappe lagen monsters van hoge kwaliteit gestoken worden. In het veld wordt de boorkop mechanisch in de grond geduwd. De boorstalen worden hierbij in een nylon kous geduwd en omsloten door een PVC-buis. Deze methode laat toe om boringen uit te voeren met een minimum aan vervorming (compactie, etc.) van het bemonsterd sediment. De diameter van de boorkolom bedraagt 66 mm. De boorkernen worden per meter opgehaald en werden nadien geopend en geanalyseerd met behulp van een Multisensor Core Logger (MSCL) van GEOTEK in het labo van de Vakgroep Submarine Geologie van de Universiteit Gent. Hierbij worden de boorkernen in eerste instantie gemonteerd op een toestel voorzien van 2 cirkelzagen voor het doorsnijden van PVC-buizen. De nylon kous wordt vervolgens doorgeknipt. Daarna snijdt het toestel het sediment in 2 gelijke halfcilindrische helften.



Figuur 5.3 positie Begemannboringen



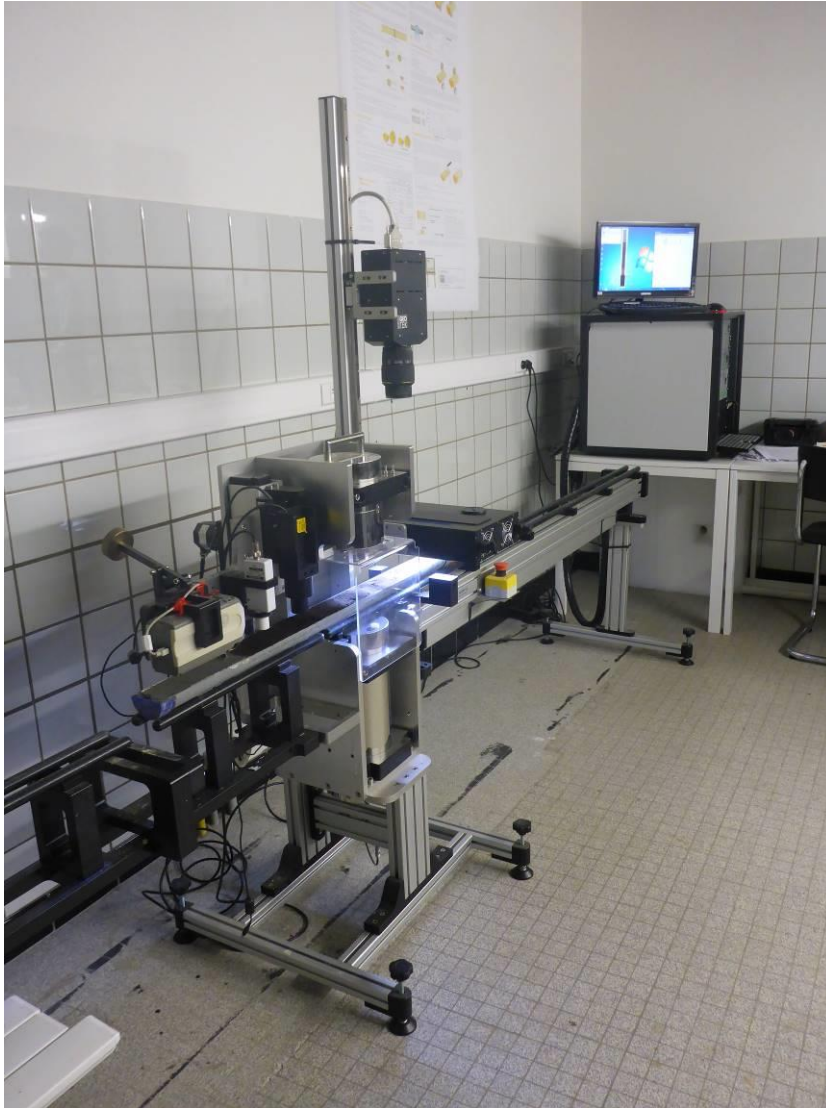
Figuur 5.4 Schematische weergave van het principe van de monstername bij Begemannboringen (<http://www.fugro.nl>)



Figuur 5.5 impressie van het opsnijden van de buizen en het opschonen van de doorgesneden boorkernen

Na het opschonen van het sedimentoppervlak worden deze op het MSCL-toestel gemonteerd, dat de boorkernen vervolgens met een regelmatig tempo door een sensor duwt. Deze actie gebeurt computergestuurd. In het kader van deze opdracht werden enkel hoge resolutie beelden van de boorkernen gemaakt met behulp van de sensor.

Tot slot werd van de boorkernen een gedetailleerde beschrijving opgemaakt (kleur, granulometrie/textuur, sedimentatiefiguren, aanwezigheid oxiden, archeologische vondsten, etc) en werden ook de pedo-sedimentaire eenheden aangeduid.



Figuur 5.6 passage van de boorkern door de MSL-sensor

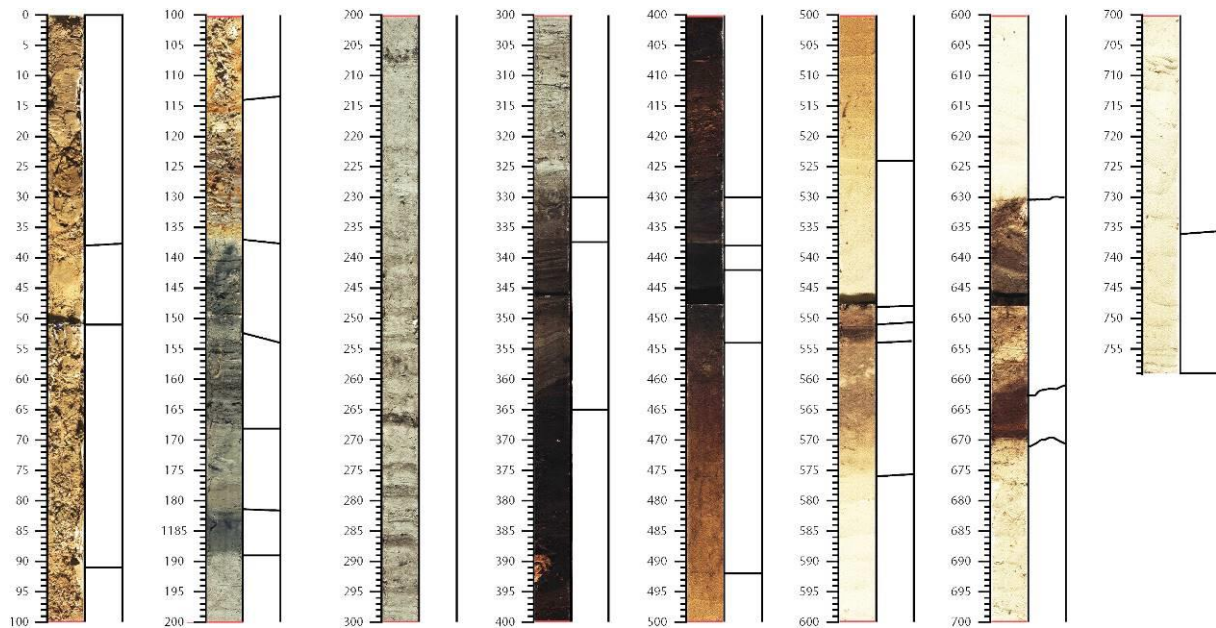
In totaal werden 9 mechanische Begemann-boringen uitgevoerd. Twee boringen bereikten de gewenste boordiepte niet. De boordieptes varieerden tussen 7,32 m (B6) en 3,42 m (B7). Boringen 1 t.e.m. 7 werden op basis van de voorlopige resultaten van het geofysisch onderzoek uitgezet op een zuidwest-noordoost georiënteerde boorraai. Boringen 8 en 9 liggen eerder geïsoleerd en zijn ook uitgezet op basis van anomalieën die zichtbaar waren op de geofysische data.

5.1.3.1 Boorbeschrijvingen

Hieronder volgt een beknopte beschrijving per boring. In bijlage zijn de gedetailleerde boorstaten terug te vinden.

Boring B1

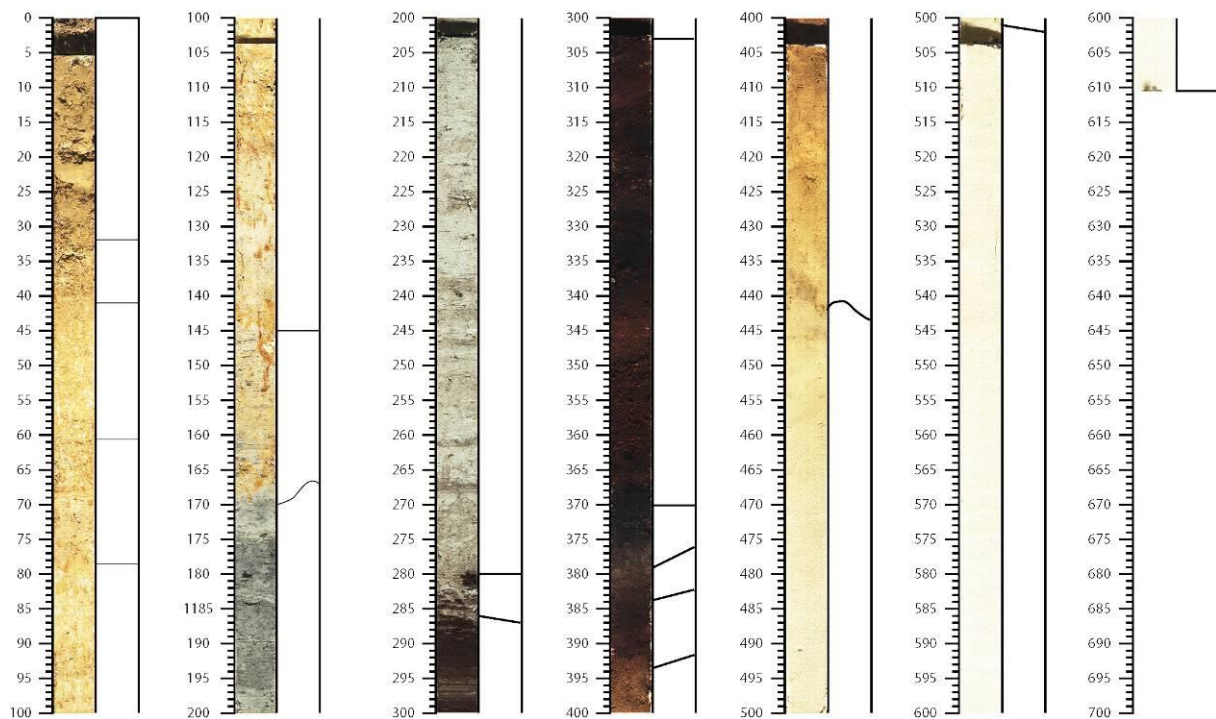
De basis van boring 1 wordt gevormd door homogeen zand waarin bruine organische zandige laagjes voorkomen. Enkele van deze laagjes kunnen geïnterpreteerd worden als begraven bodems met een A-horizont (vb. Tussen 663 en 671 cm) of als bodems met een A- en B-horizont (tussen 551 en 579 cm). De top van het zandpakket bestaat uit een bodem met een 12 cm dikke A-horizont en een 82 cm dikke B-horizont. De bovenkant van de B-horizont is eerder lichtgrijs van kleur wat mogelijk wijst op een herwerkte podzol. Deze bodem is bedekt onder 105 cm bruin en zwart veen. Daarbovenop zit een lemig niveau met herwerkt veen en een sterke schuine stratificatie. De bovenkant van de boorkern bestaat uit een opeenvolging van van fijne grijs tot zwarte leem- en kleilaagjes met een duidelijke ijzeroxidatiegrens op 135 cm diepte. Deze sequentie eindigt met de huidige ploeglaag die donkerbruin van kleur en lemig-kleilig van textuur is.



Figuur 5.7 Opbouw van de boorkern van B1

Boring B2A

Ter hoogte van B2A bevindt zich onderaan de opgeboorde sequentie een dik homogeen pakket fijn zand met een schuine stratificatie. Hierop rust een bodem bestaande uit een zwarte A-horizont, een grijze E-horizont en Bhs-horizont die bovenaan donker oranjebruin en naar beneden toe lichter wordt. Deze podzolbodem wordt bedekt door een laag veen die bruin is aan de basis en meer en meer zwart wordt naar boven toe. Deze veenlaag eindigt in een eenheid bestaande uit afwisselende laagjes herwerkt veen en grijze kleiige leemlaagjes. Dit wordt vervolgens bedekt door 10 cm zeer fijn donkergrijs zand waarin veenfragmentjes waarneembaar zijn. Hierop rust een dik pakket fijn lemig donkergrijs zand met horizontale stratificatie. In deze laag zitten ook veenfragmenten en het zand in dit pakket wordt beigebruin boven de ijzeroxidatiegrens. Bovenaan de sequentie zit een ca. 30 cm dikke ploeglaag.

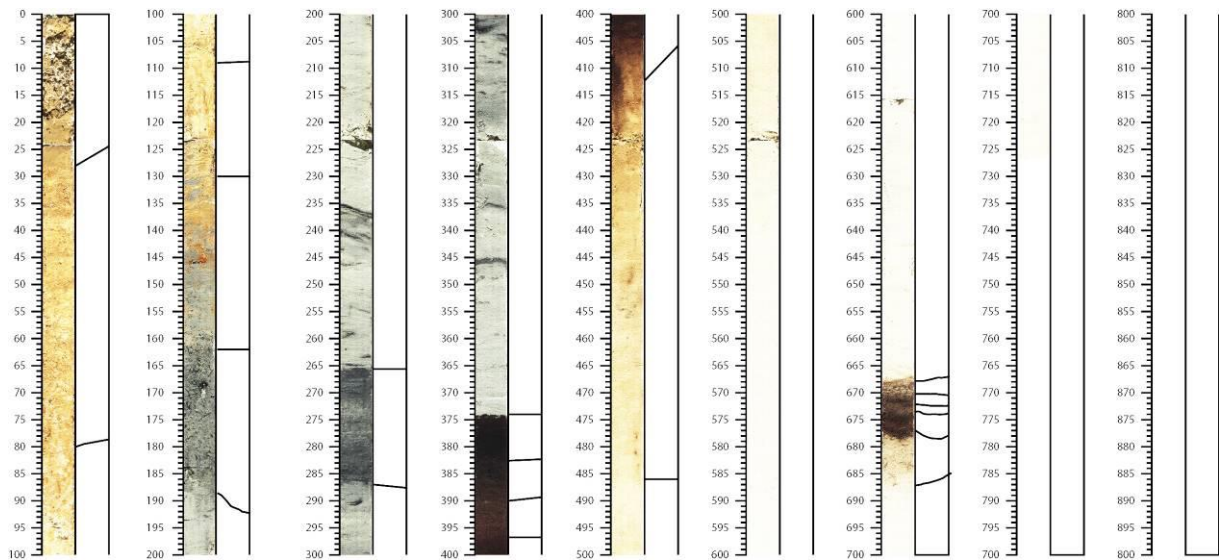


Figuur 5.8 Opbouw van de boorkern van B2A

Boring B3

Onderaan de boring zit hier ook een dik pakket fijn beige zand. Deze toont een intercalatie van fijn bruin gestratificeerd zand. Deze stratificatie kan mogelijk geïnterpreteerd worden als een bodem bestaande uit een A- en B-horizont die bedekt is onder colluvium. Bijkomend onderzoek zou noodzakelijk zijn om deze niveaus beter te interpreteren.

Bovenaan het zandpakket bevindt zich dan een goed ontwikkelde podzol (A-, E- en Bhs-horizont). Deze is bedekt door een dunne (9 cm) veenlaag waarvan de bovenkant duidelijk geërodeerd is (erosieoppervlak). Op het veen rust zand in lagen met zowel licht diagonale als gekruiste stratificatie. Bovenaan in dit zand bevinden zich veenfragmenten. Dit niveau weerspiegelt een energierijk afzettingsmilieu en werd vermoedelijk afgezet door een geul. Boven dit zand zit een pakket zeer fijn zand met fijne kleilaagjes. De sequentie gaat vervolgens verder met een complex niveau van fijn zand met daarin licht diagonale en gekruiste laagjes en een diagonale stratificatie. Veenfragmentjes zijn aanwezig in dit niveau en kunnen kleine lensjes vormen. Vermoedelijk kan dit niveau geïnterpreteerd worden als de opvulling van een getijdengeul. Dit niveau wordt vervolgens afgedekt door een opeenvolging van afwisselend kleiig en zandig gestratificeerd materiaal dat donkergrijs is onderaan en meer beigebruin wordt boven de ijzeroxidatiegrens. De sequentie eindigt ten slotte in de ploeglaag.

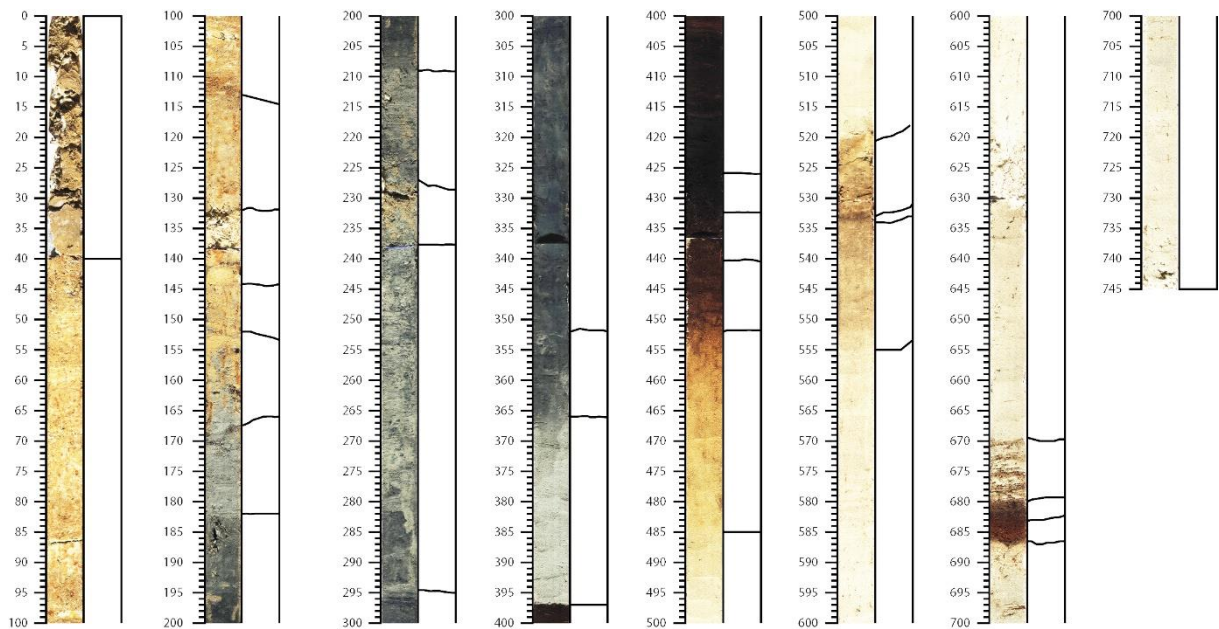


Figuur 5.9 Opbouw van de boorkern van B3

Boring B4

Ook bij boring 4 zit onderaan de opgeboorde sequentie een homogeen pakket fijn zand waarin organische niveaus zichtbaar zijn. Enkele hiervan kunnen stabilisatieniveaus betreffen, anderen zijn vermoedelijk eerder als colluviaal materiaal te interpreteren. Bovenaan het zandpakket zit een podzolbodem die bedekt wordt door zwart veen dat bruin wordt naar boven toe. Op het veen zit vervolgens een opeenvolging van fijn lemig zand- en zandige leemlagen. Enkele van deze gestratificeerde niveaus vertonen sporen van bioturbatie en tweekleppige schelpen in levenspositie wijzen op een kalm afzettingsmilieu. Dit niveau bestaande uit zand met grote fragmenten tweekleppigen wijzen er op dat dit de onderkant is van een getijdengeul.

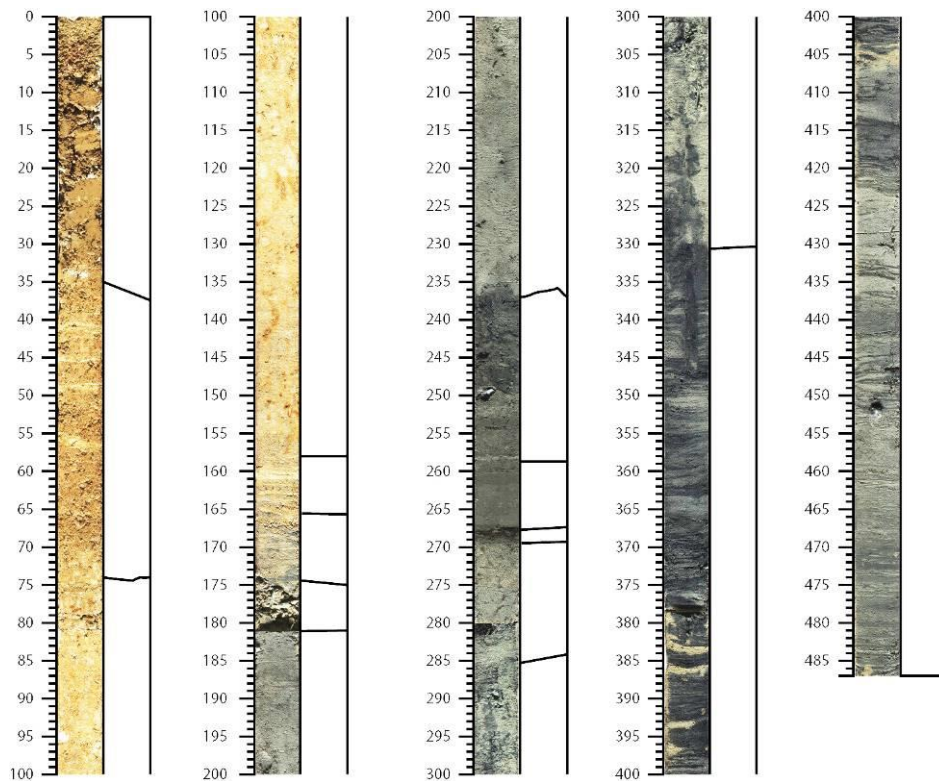
Bovenaan de sequentie zit ten slotte de ploeglaag.



Figuur 5.10 Opbouw van de boorkern van B4

Boring B5A

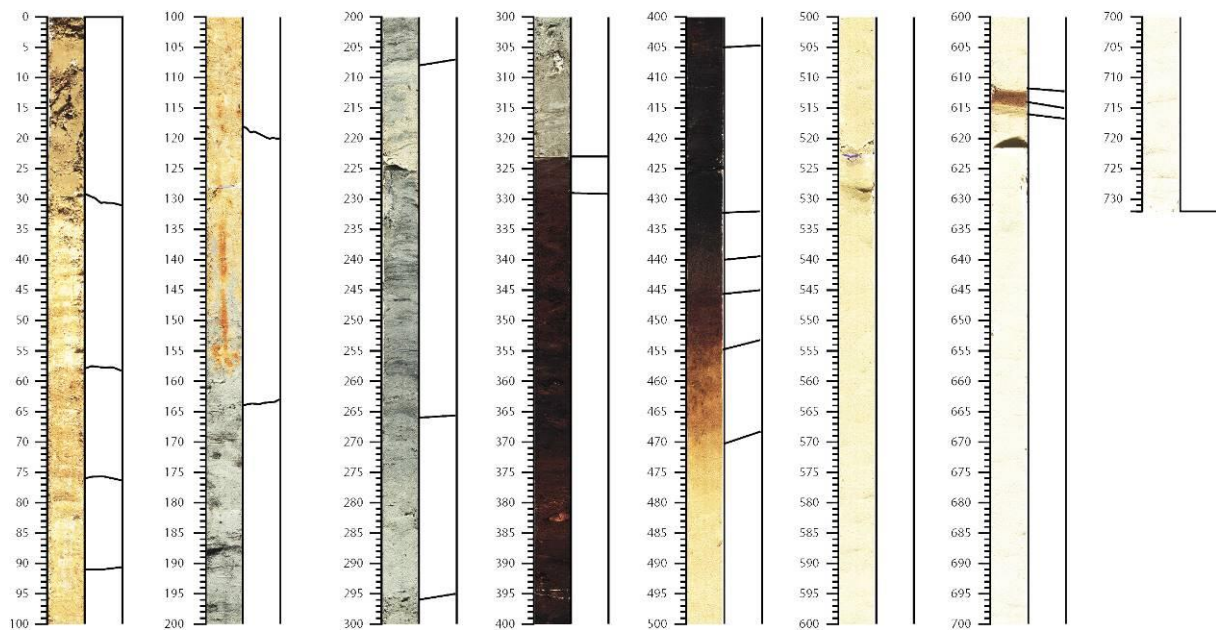
Deze boorkern bestaat onderaan hoofdzakelijk uit fijn donkergrijs gestratificeerd zand en donkere kleiige leemlenzen die min of meer horizontaal en soms gekruist liggen (getijdengeul). De kleur in het bovenste geoxideerde gedeelte van de boring is beige tot bruin. De boring eindigt met de ploeglaag. In deze boring kon de diepte van de top van de Weichsel afzettingen niet bereikt worden.



Figuur 5.11 Opbouw van de boorkern van B5A

Boring B6

De boorsequentie van boring B6 is relatief gelijkaardig aan die van de andere boringen met een pakket fijn homogeen zand waarin zich bruine niveaus bevinden (bodem ?). Bovenaan het zand zit een podzolbodem. Deze wordt bedekt door een dikke laag gestratificeerd zwart tot bruin veen. Daarboven op zit nog een dun niveau zwart veen waarin bruine lemige lenzen zitten. Hierop rust een pakket bestaande uit gelaagd fijn zand en donkergrijze gestratificeerde kleiige leem, deze wordt beigebruin van kleur éénmaal boven de ijzeroxidatiegrens. De boring eindigt met de ploeglaag.

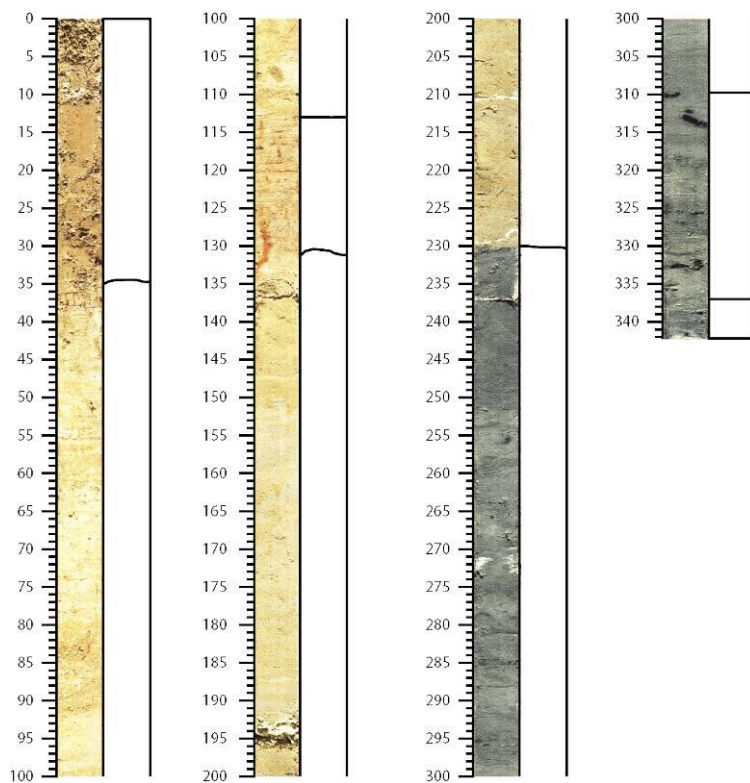


Figuur 5.12 Opbouw van de boorkern van B6

Boring B7

Boring B7 toont slechts 2 grote niveaus. Onderaan de boorkern zit er gestratificeerd fijn zand met daarin lemige lenzen. Bovenaan de sequentie zit het niveau van de huidige ploeglaag.

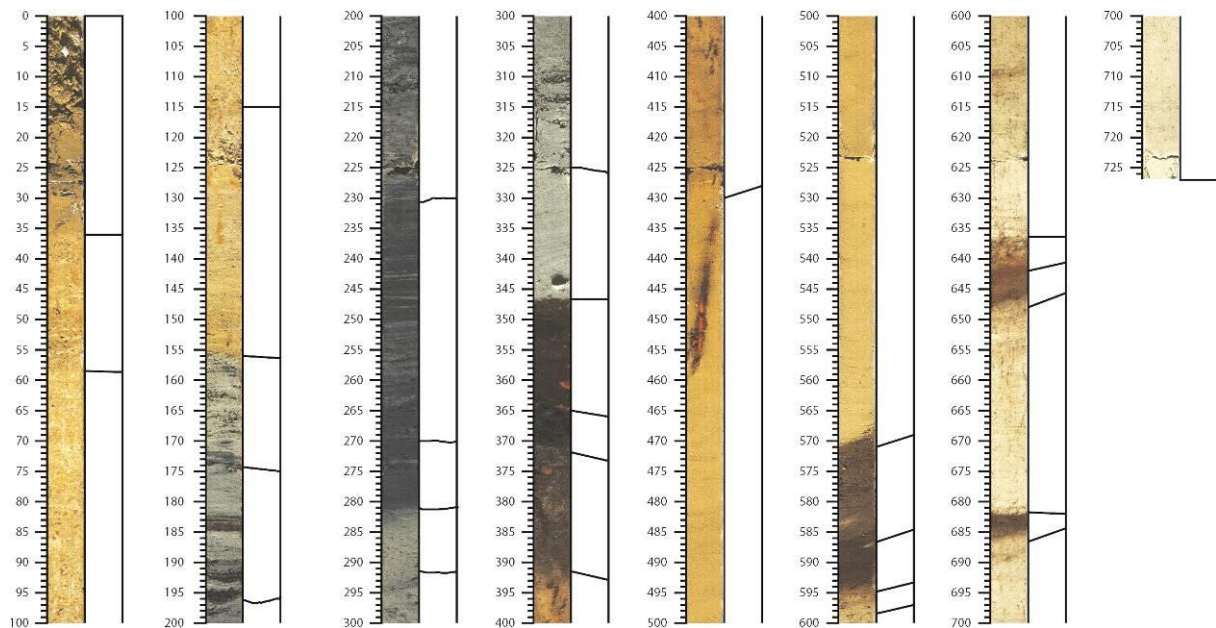
In deze boring kon de diepte van de top van de Weichsel afzettingen niet bereikt worden.



Figuur 5.13 Opbouw van de boorkern van B7

Boring B8

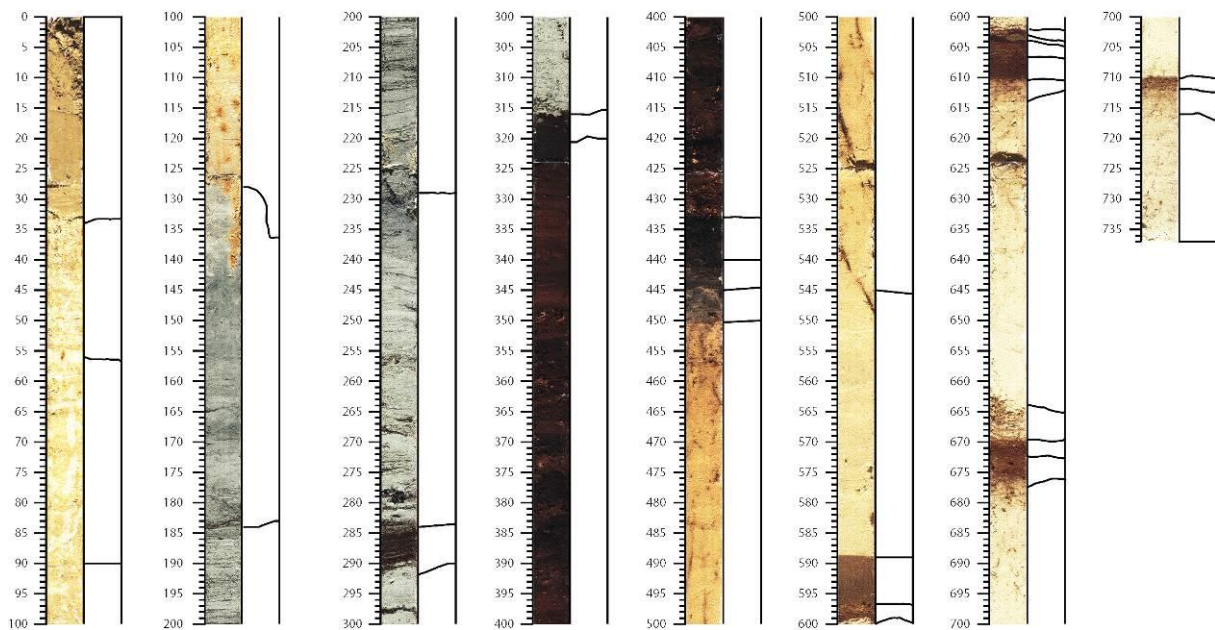
Net als bij de andere diepe boringen bestaat de boorsequentie bij B9 onderaan uit homogeen fijn beige zand waarin af en toe bruine organische horizonten zitten (bodems en/of colluvium). Bovenaan het zandpakket zit een podzolbodem bestaande een donkergrijze horizont op een bruinoranje horizont. De podzolbodem is hier wel stevig vermengd geraakt door bioturbatie. Een stam – of takfragment van een boom rust direct op deze bodem. Dit stuk hout wordt direct bedekt door dun laagje veen dat bovenaan een duidelijk erosieoppervlak vertoont. Op het veen zit vervolgens schuin gestratificeerd zand met daarboven min of meer schuine venige lenzen in donkergrijs fijn zand. Deze opeenvolging van lagen betreft de opvulling van een getijdengeul. Op dit pakket rust een opeenvolging van lagen fijn zand en kleiige leemlenzen. De boring eindigt met de ploeglaag.



Figuur 5.14 Opbouw van de boorkern van B8

Boring B9

Bij boring B9 zit als bij de andere diepe boringen onderaan een pakket homogeen fijn zand waarin organische niveaus (bodems, colluvium) vervat zitten. Deze dunne niveaus zijn soms weinig. Bovenaan het zand zit een podzolbodem die bedekt wordt door een dikke laag gestratificeerd veen. Dit veen eindigt in veen met lemige lenzen. Vervolgens bestaat de boorsequentie uit een opeenvolging van kleiige leem en donkergrijs lemig zand dat beigebruin wordt in het geoxideerd gedeelte. Bovenaan zit ook hier de huidige ploeglaag.



Figuur 5.15 Opbouw van de boorkern van B9

5.3.1.2 Beschrijving van de pedologisch-stratigrafische eenheden aan de hand van de Begemann-boringen

Op basis van hun facies kunnen de verschillende pedostratigrafische eenheden van de boringen gegroepeerd worden in 7 grote pedologisch-sedimentologische eenheden. Deze grote eenheden komen overeen met specifieke sedimentaire afzettingmilieus of met fases van bodemvorming.

Weichseliaan zand

Deze sedimentaire facies komt overeen met een accumulatie van laagjes fijn beigebruin homogeen zand. Deze hebben een fijne stratificatie door een regelmatige textuur-gelaagdheid. Het onderscheid tussen eolisch en alluviaal zand kan complex zijn. De sedimentaire kenmerken zouden kunnen wijzen op het feit dat dit zand eerder eolische afzettingen betreffen. Op de quartair geologische kaart worden ze niet aangeduid binnen het projectgebied, maar wel meer naar het westen nabij Kieldrecht.

Binnen dit homogeen zandig pakket werden op regelmatige basis bruine organisch zandige niveaus waargenomen. Deze niveaus waren donkerder van kleur bovenaan. Deze niveaus kunnen het resultaat zijn van bodemvorming (A- en B-horizont). Deze interpretatie wordt ondersteund door de aanwezigheid van kleine plantenwortels in de onderliggende eenheden. In sommige boringen kunnen deze niveaus weinig zijn. Soms worden deze stabilisatiehorizonten bedekt door niveaus die wat kleur betreft donkerder zijn onderaan dan bovenaan of door gestratificeerde niveaus. Deze lagen kunnen mogelijk gezien worden als kleine colluviale afzettingen.

Geulafzettingen

Deze afzettingen worden gekenmerkt door complexe niveaus van zand en fijn zand met een schuine of gekruiste stratificatie. Deze sedimentaire figuren en de grotere korrelgrootte wijzen op een relatief energierijk afzettingmilieu dat zich hoofdzakelijk voordoet in of in de nabijheid van een geul.

Getijdengeulafzettingen

Dit type van afzetting karakteriseert zich door een energierijk niveau onderaan bestaande uit zand dat veel schelpenfragmenten of volledige grote schelpen kan bevatten wat wijst op energierijk milieu. Naar boven toe in dit pakket wordt het sediment fijner wat wijst op een kalmer milieu.

Veen

Het veen bestaat uit een accumulatie van plantaardig afval dat in meer of mindere mate verweerd is. Het minder verweerde bruin veen is vezelrijker en bevat dikwijls houtfragmenten. Het zwart veen is meer verweerd en minder vezelrijk of bevat geen macroscopisch waarneembare plantenresten.

Slik- en schorren afzettingen

Deze afzettingen bestaan uit fijn lemig zand of kleiig leem dat dikwijls gelaagd of licht diagonaal gestratificeerd is in een regelmatig patroon. Daartussen kunnen kleiige lagen voorkomen. Onder de ijzerreductiegrens heeft de klei een zwarte kleur wat wijst op een toename aan organisch materiaal. Frequent komen er veenfragmenten in voor, soms gaat het om grote fragmenten (meerdere centimeters) en worden er lagen gevormd. Er kunnen ook sporen van bioturbatie (dieren) in voorkomen net als schelpen (tweekleppigen).

Ploeglaag

De ploeglaag is in alle boringen bovenaan aanwezig. Ze is ca. 30 cm dik en bestaat uit donkerbruin compact lemige klei waarin sporadisch archeologisch vondstenmateriaal aanwezig is.

Begraven bodem

Binnen deze eenheid zijn alle paleobodems gegroepeerd die zich in de top van het weichseliaan zand bevinden en waarin een podzolise (horizon A, E en B) in meer of mindere mate waarneembaar is.

5.3.2 Geoprobe-boringen

Midden maart 2016 werden na de verwerking van de CPT-data van Fase 2 nog 7 geoprobe-boringen uitgevoerd ter validatie van de EMI- en CPT-data.



Figuur 5.16 positie Geoprobeboringen

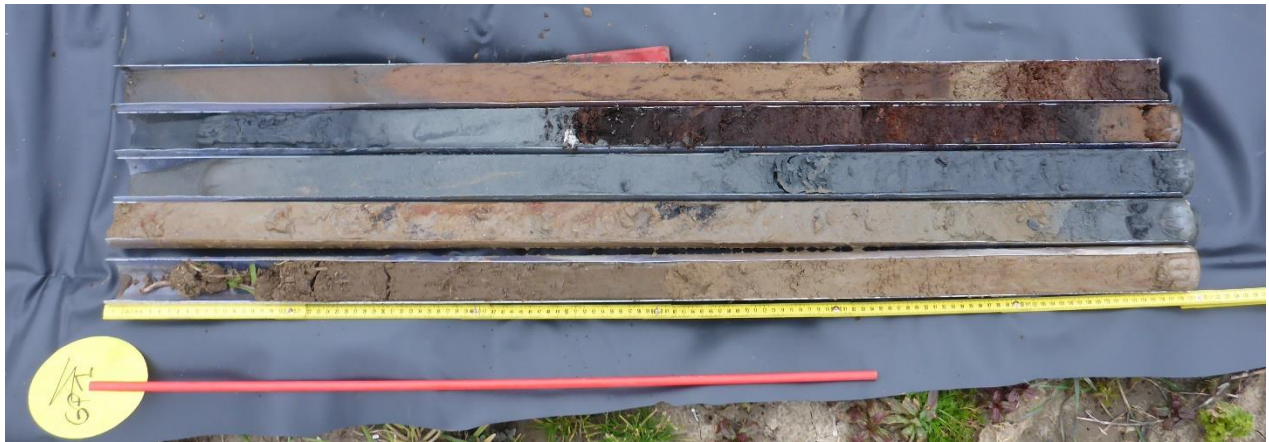
5.3.2.1 Methode

Geoprobe betreft een hydraulisch aangedreven, mechanische boorstelling die gebruik maakt van een zogenaamde druktechniek en een relatief klein statisch gewicht gecombineerd met trillingsenergie gebruikt voor het voortbewegen van de boorkop. Deze boorstelling is multifunctioneel en kan worden ingezet voor het bemonsteren van land- en ondiepe waterbodem en voor archeologisch onderzoek. Met de Geoprobe kunnen continu gestoken, ongeroerde, monsters worden genomen tot een diepte van circa dertig meter. Ook is het mogelijk met de Geoprobe een bodemonster op een specifieke diepte te nemen. De monsters worden in kunststofliners gestoken die direct worden afgesloten. De nauwkeurigheid en de mogelijkheid ongeroerde monsters van hoge kwaliteit te nemen maken deze boorstelling eveneens geschikt voor (geo)archeologisch onderzoek. Dankzij de beperkte afmetingen is de Geoprobe zeer flexibel inzetbaar, ook op moeilijk bereikbare plaatsen.

5.3.2.2 Resultaten

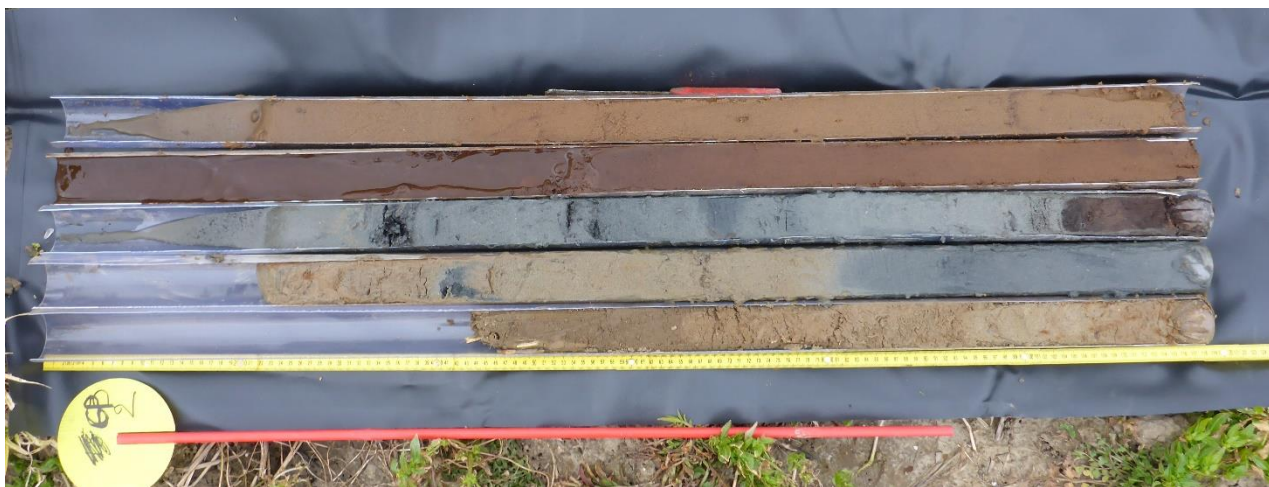
Geoprobe-boringen 1 en 2 werden uitgezet ter hoogte van respectievelijk CPT 53 en 68, in de te graven geul in kader van de natuurinrichting. De elektrische sonderingen gaven daar aan dat er geen of weinig veen zat en dat het zand op ca. 0,00m TAW zit. De geoprobeboringen dienden dus ter verificatie van deze interpretatie.

In Geoprobe 1 werd inderdaad veen vast gesteld met daaronder een sequentie van dekzand. De top van het veen bevindt zich op ca -0,56 m TAW. De overgang van het veen naar het dekzand bevindt zich op ca. -1,06 m TAW.



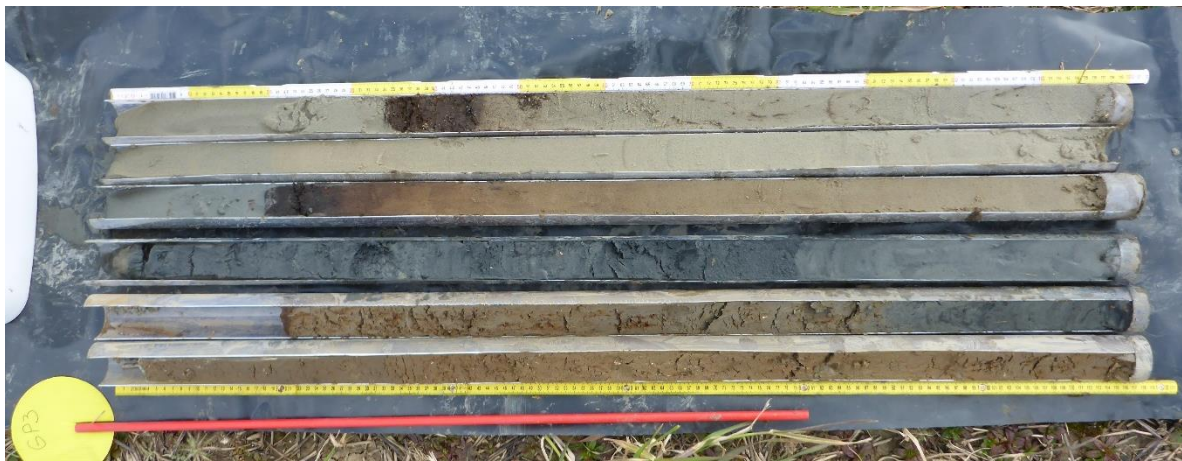
Figuur 5.17 Geoprobeboring 1 (liners zijn elk 1,2 m lang; top maaiveld linksonder)

Bij Geoprobe 2 was het veen afwezig, maar was het dekzand wel relatief goed bewaard en bevindt zich vanaf 0,06 m TAW.



Figuur 5.18 Geoprobeboring 2

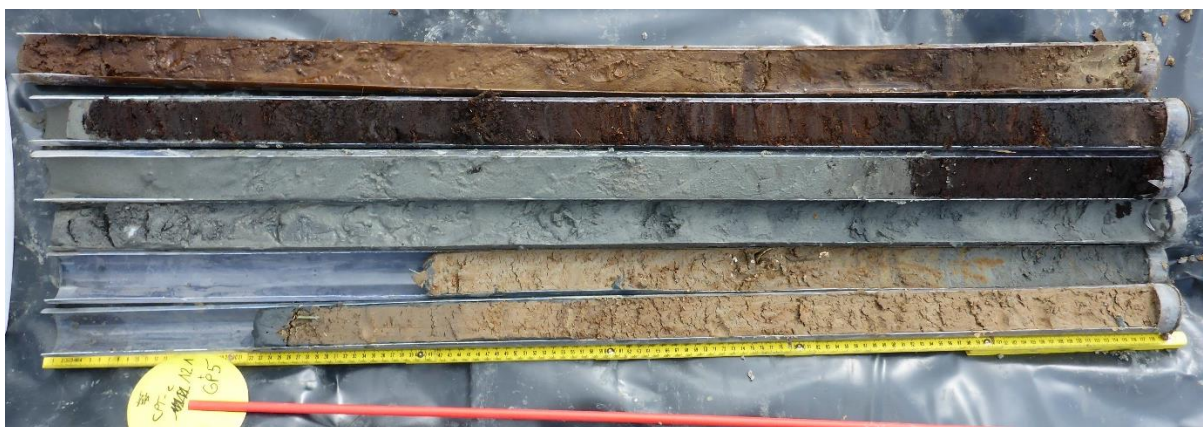
Geoprobe-boring 3 ligt wat geïsoleerd ter hoogte van CPT 95, net op de rand van de oude laatmiddeleeuwse geul. In deze boring werd enkel laatglaciaal veen aangetroffen op ca. 6,22m diepte ten opzicht van het maaiveld. Daarboven stak het dekzand dat vanaf 3,74m onder het maaiveld bewaard was gebleven. Een podzol was bewaard vanaf de B-horizont. Alles hierboven was weg geslagen door erosie door een latere getijdengeul. Bovenop het dekzand waren hierdoor zandige en kleiige overstromingssedimenten afgezet. De boring bevestigt hiermee de interpretatie van CPT95.



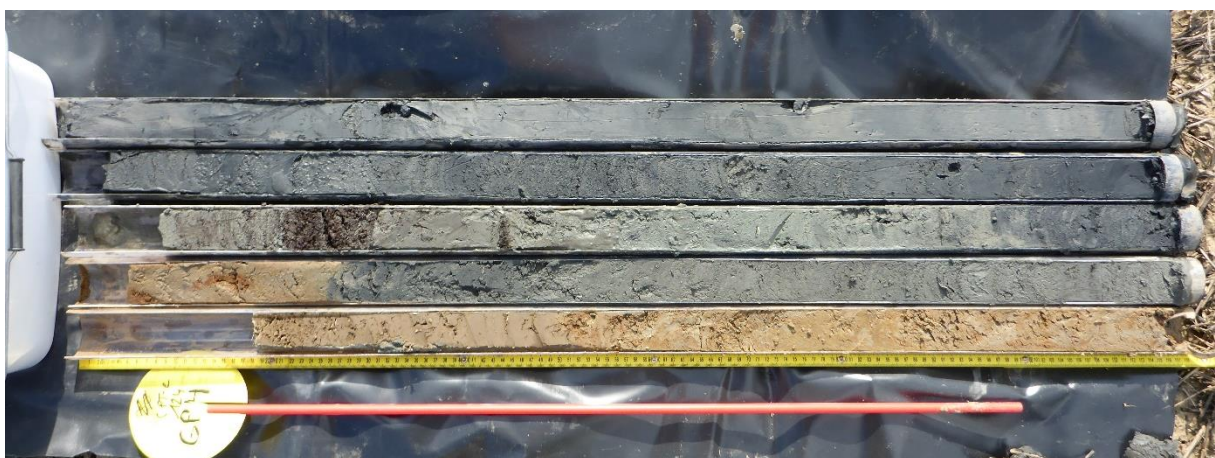
Figuur 5.19 : Geoprobeboring 3

Geoprobe 4 t.e.m. 6 werden uitgezet in de buurt van de te graven geul, in de nabijheid van CPTs 124, 121 en 111. Geoprobe-boringen 4 en 6 bevinden zich in of op de rand van de laatmiddeleeuwse geul. Geoprobe-boring 5 bevindt zich ten oosten van de geul.

Boring 4 leverde enkel overstromings- en geulsedimenten op tot op 5,9m diepte ten opzichte van het maaiveld. Bij boring 6 was dit ook het geval. In boring 5 bleek het veen wel nog bewaard vanaf 4,44m diepte. Het veen bleek nog zo'n 1,32m dik en daaronder steekt een podzolbodem in het dekzand vanaf 5,74m diepte.



Figuur 5.20 : Geoprobeboring 5

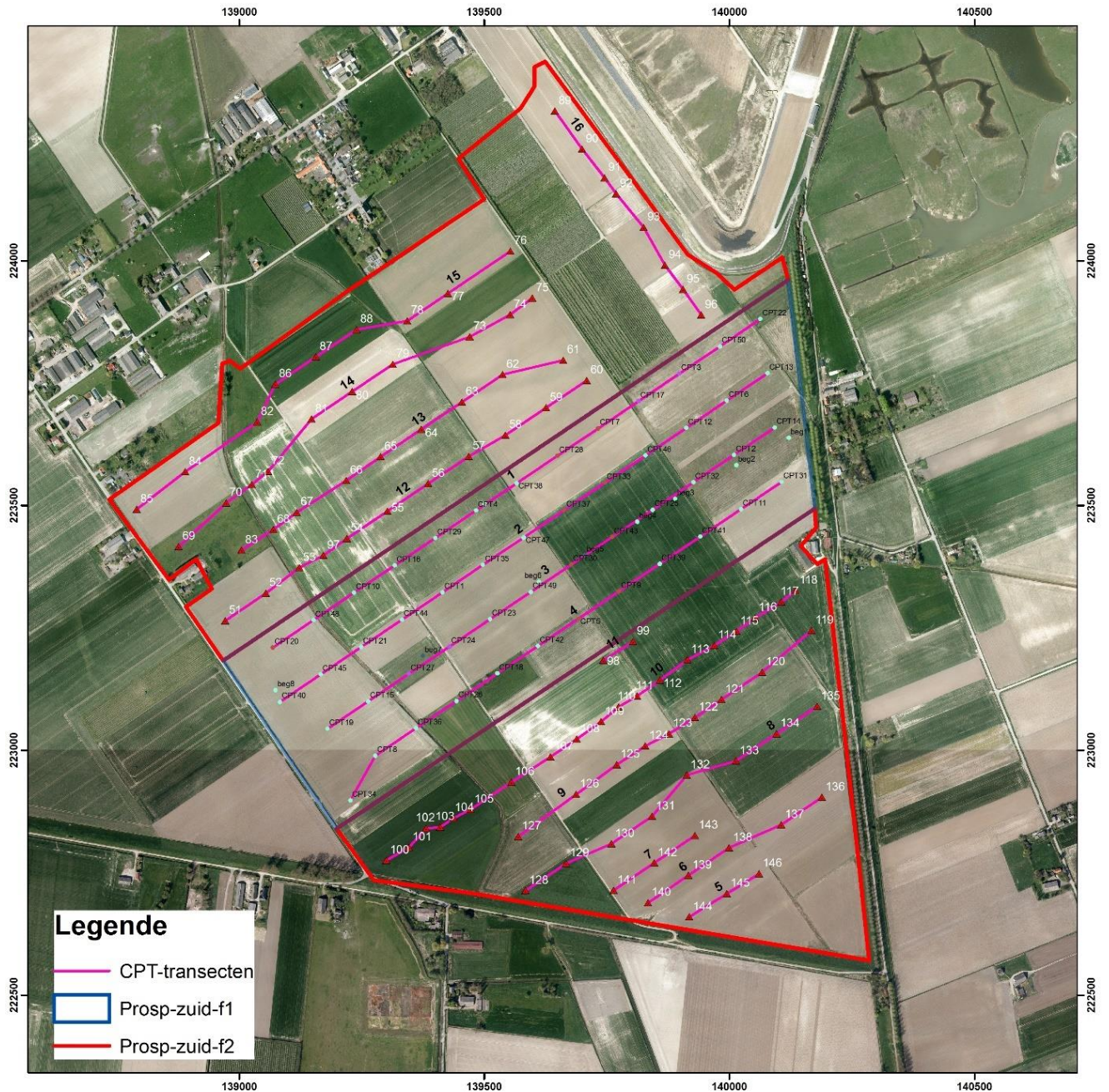


Figuur 5.21 : Geoprobeboring 6

Geoprobe 7 werd uitgevoerd ter hoogte van CPT 101 in de buurt van de dijkputten en constructiedijk van de dijk van Nieuw Arenbergpolder. In de boring werd het veen op ca. 4m diepte aangetroffen. Het veen was nog een 60cm dik en daaronder stak het dekzand op ca. 4,6m diepte.

5.4 Synthese : ondergrondmodel op basis van EMI, CPT-E en boordata

Op basis van de Begemann- en de Geoprobeboringen en de CPT's konden 16 transecten worden gemaakt van de belangrijkste profieltypen.



Figuur 5.22 weergave en nummering van de terreindoorsnedes op basis van de CPT- en boordata.

De onderkant van deze transecten bestaat uit het zand uit het Weichsel. In vrijwel alle sonderingen kunnen in dit zand, tussen 6 en 8 meter diep, enkele kleine pieken van het wrijvingsgetal/verlagingen van de puntweerstand worden waargenomen. Deze correleren met dunne venige, zandig venige tot organisch rijke zandige laagjes in

het dekzand. Op basis van hun stratigrafische positie zouden deze als tardiglaciale interstadiale bodems kunnen geïnterpreteerd worden. Deze hypothese kan enkel bevestigd worden met verder paleo-ecologisch onderzoek en ¹⁴C datering van de organische (macro-) resten. Indien het dekzand met veen wordt afgedekt, wordt de top gekenmerkt door een begraven, al dan niet gepodzoliseerde, paleobodem. Deze wijst in de regio doorgaans op een goed bewaringspotentieel voor archeologische sites uit de steentijd, daterend van het finaal paleolithicum tot het midden neolithicum. Deze venige afdekking is echter niet overal aanwezig. Na de veenontwikkeling heeft het studiegebied zich immers ontwikkeld tot een getijdengebied.

Ter hoogte van de belangrijkste getijdengeulen is het onderliggende veen weg geërodeerd en heeft er erosie tot in het Weichsel dekzand plaatsgevonden. Op het toenmalige slik en schor heeft de getijdenerosie en -afzetting een minder grote impact gehad en is het veen slechts gedeeltelijk verdwenen of volledig verdwenen maar zonder significante insnijding in het dekzand.

De afdekkende getijdenafzettingen vertonen een significante variabiliteit in de boringen en CPTs. Deze variabiliteit stemt voornamelijk overeen met de geulen in de elektromagnetische inductiedata en kan dan ook minder goed met de CPT- en boringtransecten geïllustreerd worden.

Transect 1

CPT20 op transect 1 wordt gekenmerkt door een diepe uitsnijding van het dekzand. Hierop zijn afwisselende dunne klei en zandlaagjes afgezet (profieltype 3). Op de geofysische data is een aftakking van een post middeleeuwse getijdengeul op deze locatie herkenbaar. Deze geul heeft eerdere Holocene afzettingen lokaal geërodeerd.

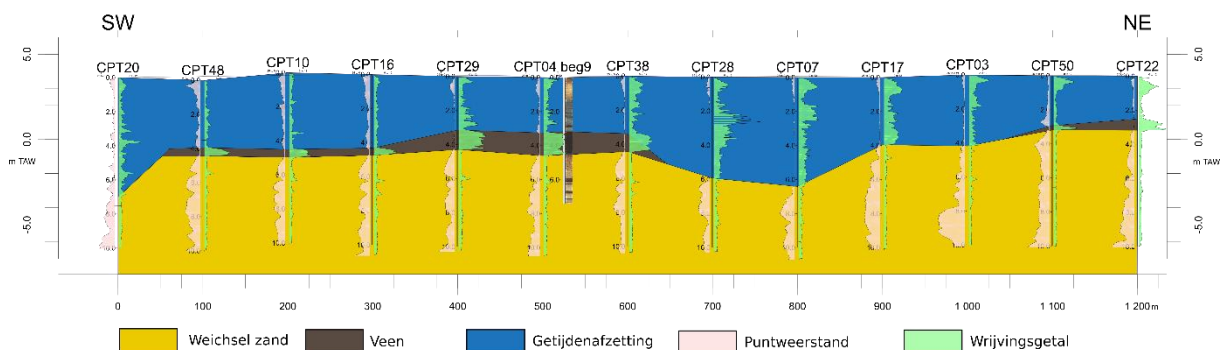
CPT48, CPT10 en CPT16 worden gekenmerkt door een dunne veenlaag op het Weichsel dekzand. Deze kon niet worden vastgesteld in de elektromagnetische inductiedata.

De veenlaag CPT29, CPT04, begemann9 en CPT38 is significant dikker terwijl de basis van het veen een vergelijkbare hoogteligging heeft (4.5-5 m diep, -0.5 tot -1 mTAW). Deze zone stemt overeen met een zone van verhoogde conductiviteit in de elektromagnetische inductiedata. Deze wordt gedeeltelijk ook veroorzaakt door de kleiigere getijdenafzettingen die hier op het veen zijn afgezet.

Ten noordoosten hiervan bevindt zich ter hoogte van CPT28 en CPT07 eveneens een zone met verhoogde elektrische conductiviteit. Op transect 1 wordt deze echter gekenmerkt door een diepe erosie van het Weichsel zand (6m diep, -2 m TAW). De afdekkende getijdenafzettingen worden gekenmerkt door een hoog wrijvingsgetal. Gezien de verwaarloosbaar kleine puntweerstand, dienen deze sedimenten echter niet als veen, maar als niet geconsolideerd slib geïnterpreteerd te worden. Deze depressie wordt geïnterpreteerd als een brede (laat-)middeleeuwse getijdengeul. Deze lijkt de vroeg- en midden Holocene afzettingen geërodeerd te hebben.

Ter hoogte van CPT17 en CPT03 lijkt geen veen aanwezig op het dekzand. Het dekzand is hier echter ook minder diep geërodeerd. Op basis van de CPT data kon hier niet worden vastgesteld of de prehistorische paleosol nog aanwezig was of niet. In de getijdenafzettingen werden hier smallere en latere post middeleeuwse getijdengeulen herkend in de geofysische data. De getijdenafzettingen in CPT17 in het bijzonder lijken te worden veroorzaakt door ongeconsolideerd slib.

In CPT 50 is er nog een dun laagje veen aangetroffen op het dekzand. Deze veroorzaakte geen verhoogde elektrische conductiviteit in de elektromagnetische inductie data. Deze veenlaag is iets dikker in CPT22.



Figuur 5.23 Zuidwest-noordoost georiënteerd transect 1 door het studiegebied met de dieptevariaties van de belangrijkste profieltypes

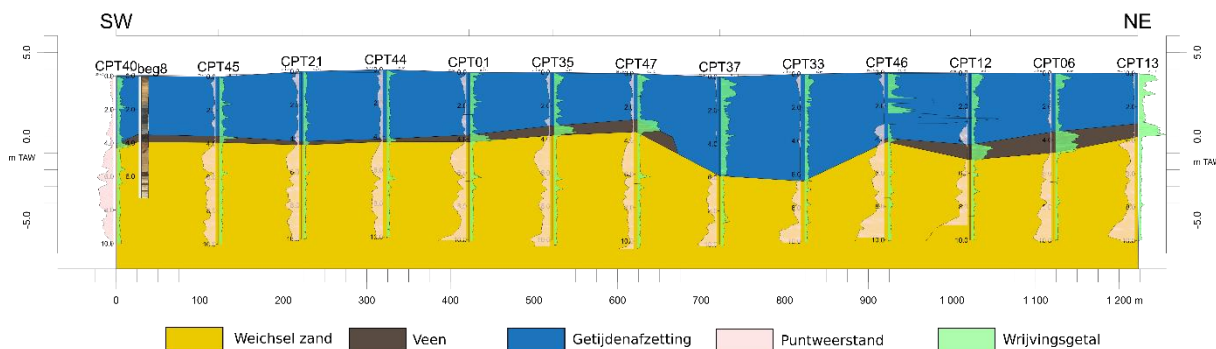
Transect 2

CPT40, begemann8, CPT45, CPT21 en CPT44 worden gekenmerkt door een dunne veenlaag op het Weichsel dekzand op 4 tot 4.5 m diepte, -0.5 tot 0 m TAW. Deze veenlaag ligt op de rand van de zone met verhoogde elektrische geleidbaarheid in de elektromagnetische inductiedata. In CPT01, CPT35 en CPT47 wordt deze veenlaag geleidelijk dikker tot een maximale dikte van ongeveer 0.75 m. De basis van het veen ligt hier op 3.5-4 m diepte, 0.5 tot 0.5 m TAW. Het veen is hier gedeeltelijk geërodeerd maar de bewaarde veenbasis en paleosol bieden goede omstandigheden voor bewaring van prehistorische sites op het dekzand.

Ten noordoosten hiervan bevindt zich ter hoogte van CPT37 en CPT33 een zone met verhoogde elektrische conductiviteit. Op transect 2 wordt deze gekenmerkt door een diepe erosie van het Weichsel zand (6m diep, -2 m TAW). De afdekkende getijdenafzettingen worden gekenmerkt door lage puntweerstand en een matig hoog wrijvingsgetal met kleine dunne variaties in de waarden. Dit wijst op afwisselende kleiige en zandige lagen. Deze depressie wordt geïnterpreteerd als een brede (laat-)middeleeuwse getijdengeul. Deze lijkt de vroeg- en midden Holocene afzettingen geërodeerd te hebben.

Op CPT46 kan mogelijk een dunne veenlaag worden waargenomen. Het Weichsel dekzand is er niet weg geërodeerd (4m diepte, 0 m TAW). Bovenop het veenlaagje is echter een zandige laag afgezet. Hierop bevindt zich ongeconsolideerd slib. Eerder vermelde zandige laag wordt ook op het dikkere en dieper gelegen veen aangetroffen in CPT12. De stratigrafische positie, op het veen, en de ruimtelijke positie, naast een grote (laat-)middeleeuwse geul, van deze zandige laag suggereert dat een interpretatie als oever(wal) afzetting.

In CPT06 en CPT13 neem de dikte van het veen en de hoogteligging van de veenbasis toe. Dit wijst op een goede bewaring van de top van het veen en van het prehistorisch niveau aan de basis ervan. Deze zone werd gekenmerkt door een verhoogde conductiviteit in de elektromagnetische inductiedata. Deze kan ook gedeeltelijk verklaard worden door het fijnere textuur van de getijdenafzettingen in CPT13.

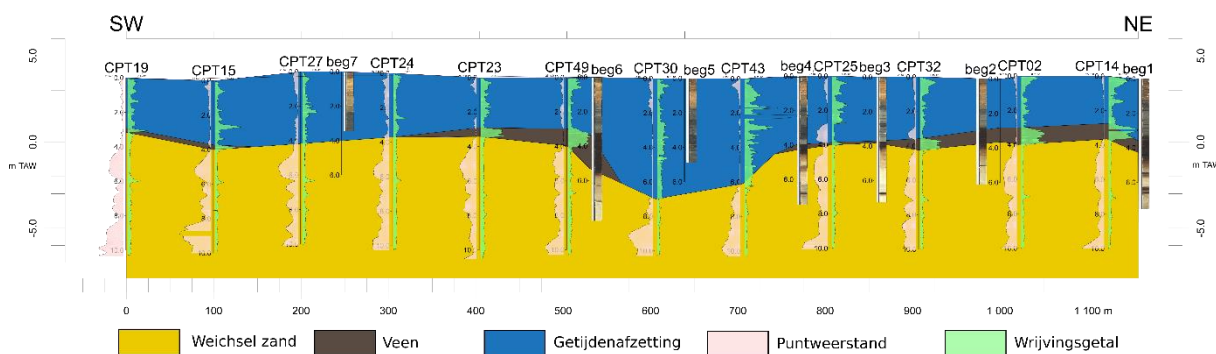


Figuur 5.24 Zuidwest-noordoost georiënteerd transect 2 door het studiegebied met de dieptevariaties van de belangrijkste profieltypes

Transect 3

In CPT19 en CPT15 wordt een dunne veenlaag herkend op het dekzand. De top van het veen lijkt hier geërodeerd te zijn, maar de basis is bewaard. Bovendien ligt de top van het dekzand hier op een diepte tussen 3 en 4 m (respectievelijk 1 en 0 m TAW). Dit wijst op een goed bewaringspotentieel en een aantrekkelijke bewoningslocatie voor de prehistorische mens. In CPT27 en CPT24 is geen veen aanwezig en liggen de getijdenafzettingen bovenop het Weichsel dekzand. De hoogteligging van het dekzand (ongeveer 4 diep, 0 m TAW) wijst niet op significante erosie. Spijtig genoeg moest begeman7 gestaakt worden vooraleer deze diepte bereikt werd. Het kan dan ook niet worden bevestigd of uitgesloten of de paleosol uit de prehistorie op de top van het dekzand hier nog bewaard of geërodeerd is. De top van het dekzand stijgt tot 3.5 m diepte (0-0.5 m TAW)

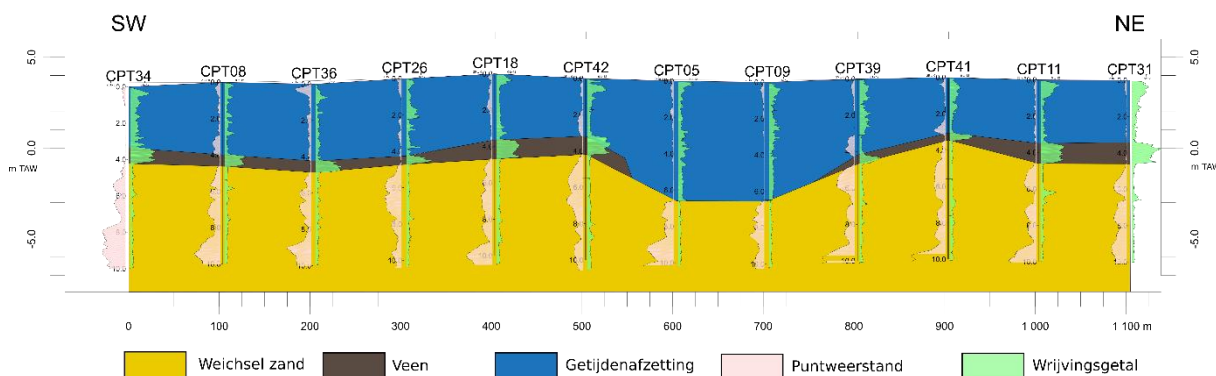
in CPT23. Hier is ook veen aanwezig op het dekzand. Dit wijst op een goede bewaring van het onderliggende prehistorische niveau. In CPT49 en begemann6 neemt de dikte van het veen toe en zakt de basis ervan. Deze vaststelling wijst erop dat de depressie, waarin de (laat-)middeleeuwse geul is uitgesleten, reeds aanwezig was tijdens de veenvorming. De hoogteligging van de basis van het veen in begemann6 wijst op een vernatting van deze lagere landschapspositie (-2 m TAW) vanaf 6500-6000 cal BP. Dit is de periode van de Swifterbant occupatie van archeologische sites als Doel sector B en M. De hogere gelegen delen in het prehistorische landschap langs deze geul vormen dan ook aantrekkelijke locaties voor finaal-paleolithische tot midden neolithische bewoning, zoals gekend uit de omgeving. Dergelijke depressies met organische opvulling vormen ook een uitstekende gegevensbron om de omgeving tijdens het vroeg tot midden holoceen te reconstrueren. Verdere boringen en/of sonderingen kunnen eveneens helpen om de verspreiding en maximale diepte van de organische opvulling in deze depressie te bepalen en te evalueren in hoeverre deze vulling is geërodeerd door de reeds vermelde (laat-)middeleeuwse getijdengeul. Deze werd opnieuw aangetroffen in CPT30 en CPT43, waar de top van het dekzand een diepte heeft van 6 tot 7 m. Begemann5 moest hier eveneens voortijdig gestaakt worden waardoor de transitie van de (laat-)middeleeuwse geulopvulling naar het onderliggende dekzand in geen enkele boring kon bestudeerd worden. In begemann4, CPT25 en begemann3 werd naast de (laat-)middeleeuwse geul opnieuw een dunne veenlaag aangetroffen waarvan de top is geërodeerd maar de basis bewaard. Deze wordt dikker in CPT32, begemann2, CPT02, CPT14 en begemann1. Deze zone wordt in de elektromagnetische inductiedata gekenmerkt door een hogere elektrische conductiviteit. De veenbasis schommelt rond 4 m diepte (0 m TAW). Subtiële hoogtes in dergelijk landschap vormen elders in de regio, aantrekkelijke locaties voor prehistorische bewoning.



Figuur 5.25 Zuidwest-noordoost georiënteerd transect 3 door het studiegebied met de dieptevariëaties van de belangrijkste profieltypen

Transect 4

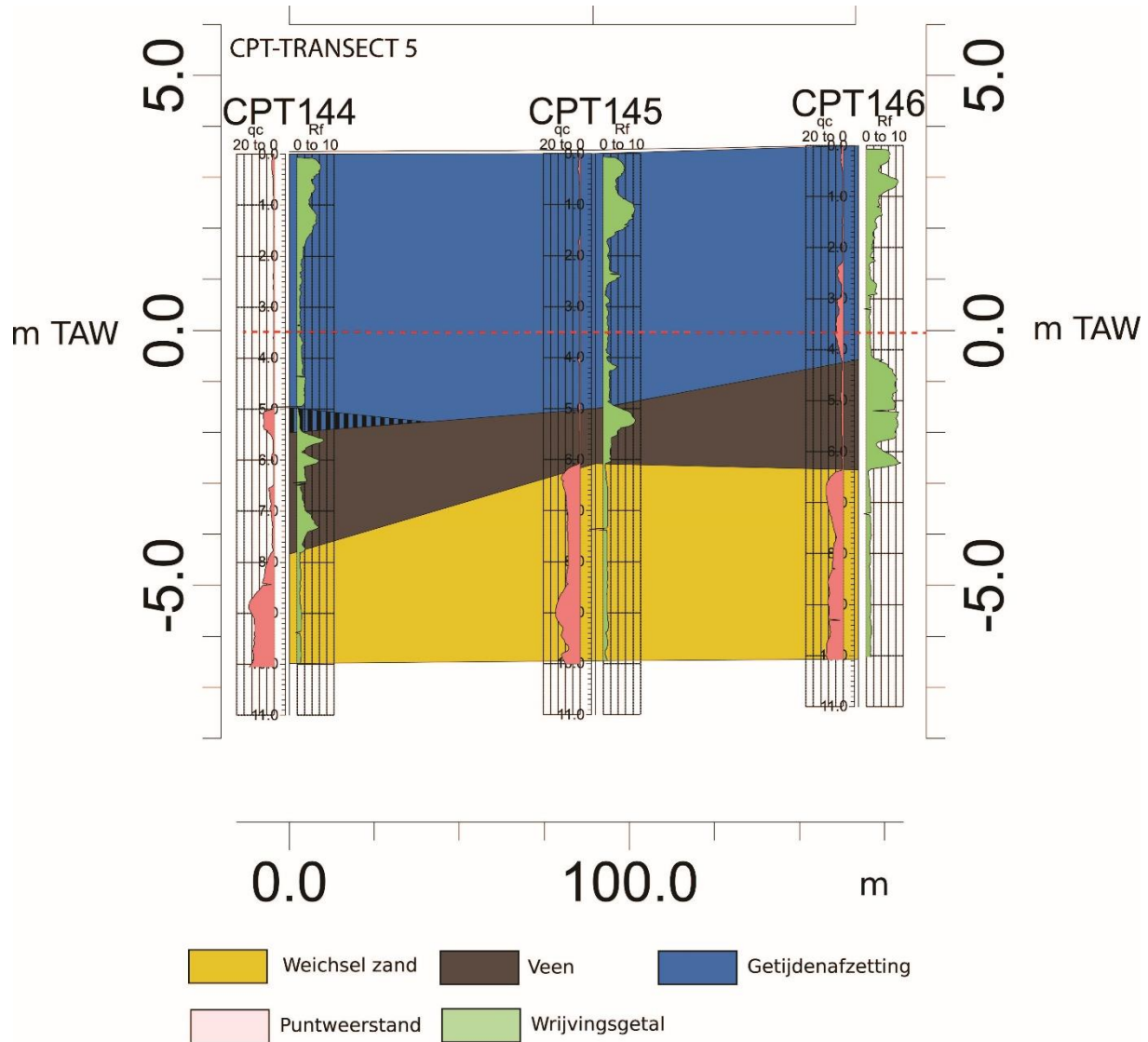
Op transect 4 wordt enkel in CPT05 en CPT09 geen veen aangetroffen. De getijdsedimenten zijn hier afgezet op het diepere dekzand (6-7 m diep, -2 tot -3 m TAW). Dit betreft opnieuw de geul die werd vastgesteld op de (laat-)middeleeuwse kaarten. In de overige sonderingen werd wel een significante veenlaag aangetroffen (0.5-1 m dik). Dit resulteert in een goede bewaring van het prehistorische loopvlak. Deze veenlaag stemt echter enkel in CPT11 en CPT31 overeen met de zone met verhoogde elektrische conductiviteit in de elektromagnetische data. CPT41 valt op omdat de veenbasis een diepte van 3,5m (0,5 m TAW) heeft, terwijl in de overige CPT's dit niveau meer dan 4 m diep ligt. Dit vormt dan ook opnieuw een aantrekkelijke bewoningslocatie tijdens de prehistorie.



Figuur 5.26 Zuidwest-noordoost georiënteerd transect 4 door het studiegebied met de dieptevariaties van de belangrijkste profieltypes

Transect 5

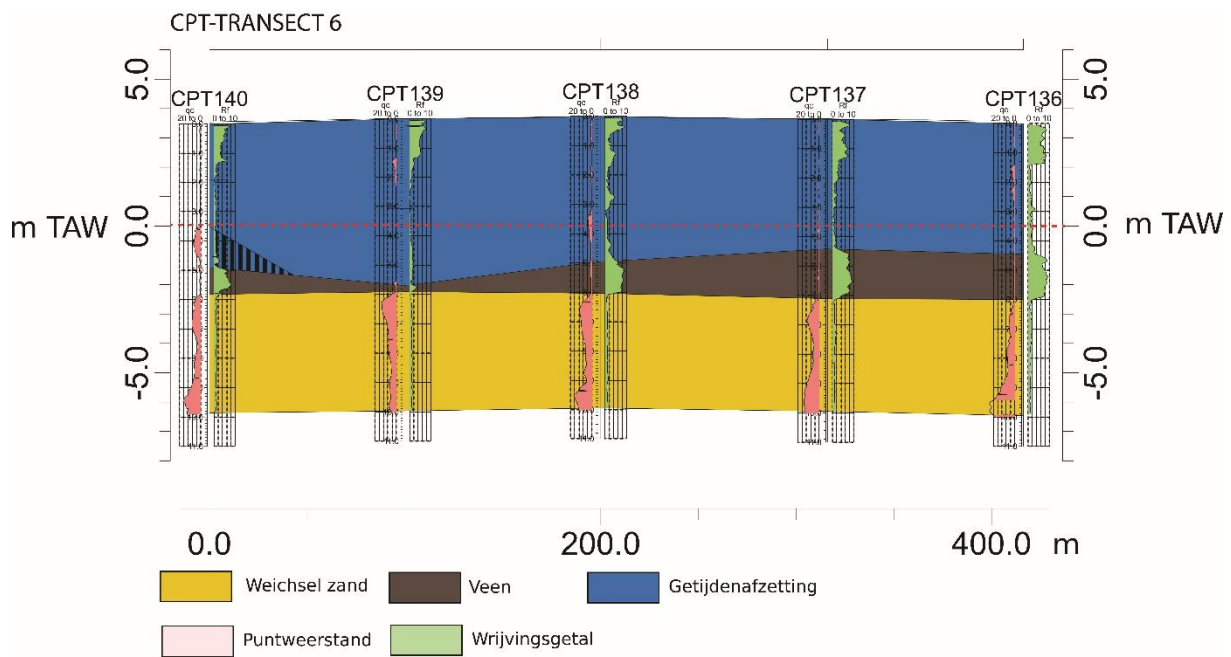
Transect 5 betreft een korte ZW-NO doorsnede bestaande uit 3 sondeerpunten (CPT144, 145 en 146). Veen is in alle 3 de punten vast gesteld. Daaronder zit een zandpakket, maar dat zich op meer dan -2 m TAW. De getijdsedimenten zijn in dit transect tussen 4 à 5 m dik.



Figuur 5.27 transect 5 door het studiegebied met de dieptevariaties van de belangrijkste profieltypes

Transect 6

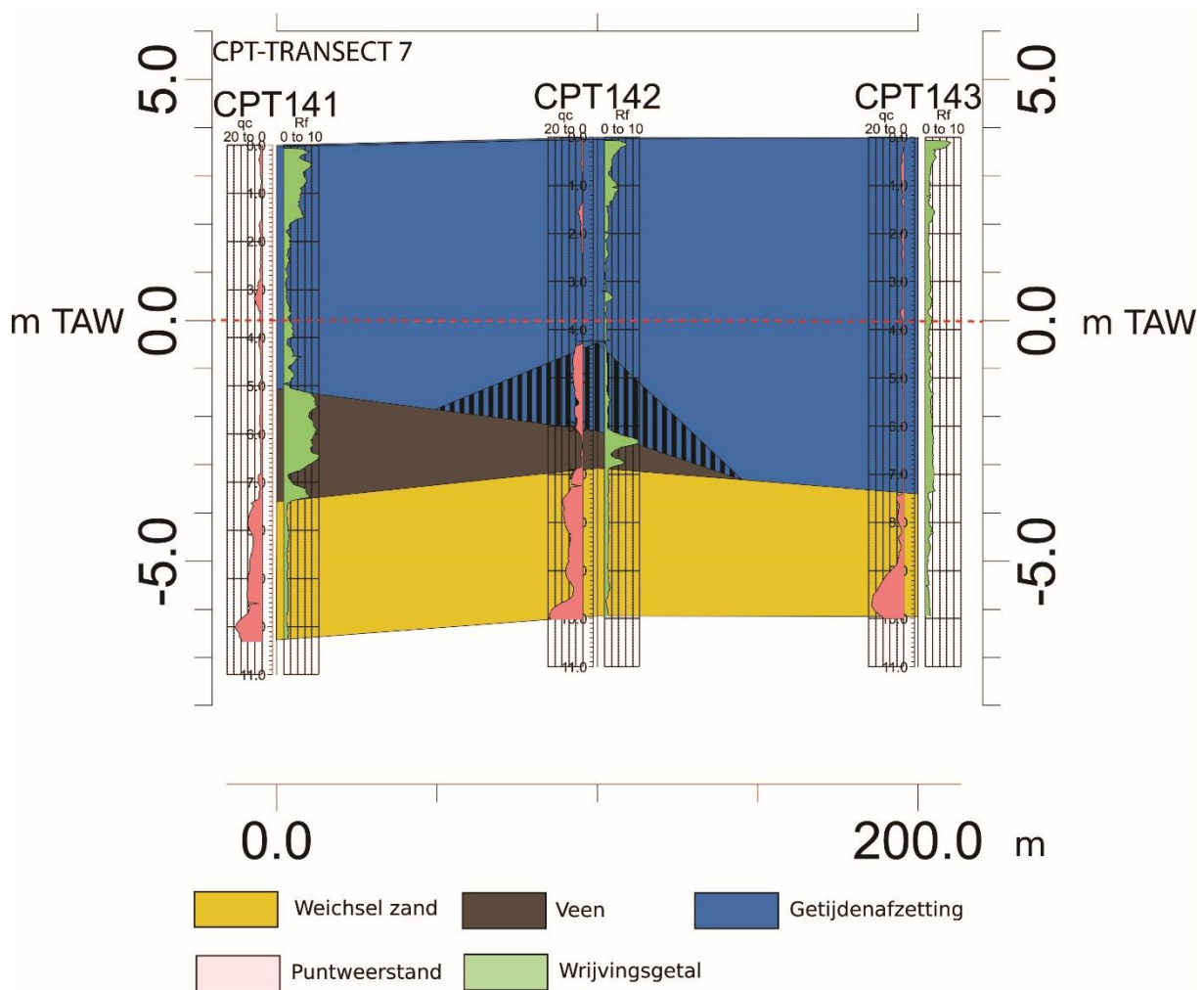
Transect 6 bevindt zich net als T5 in het zuiden van het projectgebied. Ze is ZW-NO georiënteerd en bestaat uit 5 sondeerpunten (CPT 140, 139, 138, 137 en 136). Ter hoogte van CPT 139 heeft een geul een groot gedeelte van het veenpakket aangetast, maar de basis van het veen lijkt wel nog aanwezig. De top van het zand lijkt min of meer vlak en bevindt zich op meer dan -2 m TAW (ca. 6 m diepte ten opzichte van het maaiveld).



Figuur 5.28 transect 6 door het studiegebied met de dieptevariëaties van de belangrijkste profieltypen

Transect 7

Deze doorsnede bestaat ook uit 3 sonderingen in een ZW-NO-oriëntatie. Enkel ter hoogte van CPT143 heeft een getijdengeul het veen en de top van het dekzand weg geschuurd tot op meer dan 7 m diepte ten opzichte van het maaiveld. CPT 142 bevindt zich ter hoogte van de dijkputten en de eind 18de eeuwse constructiedijk voor de Nieuw Arenbergdijk. De sondering is daardoor mogelijk iets moeilijker te interpreteren. In CPT 141 lijkt een relatief dik veenpakket (>2m) aanwezig. Het zand bevindt zich echter op aanzienlijke diepte ten opzichte van het maaiveld (7m). Vraag is dan ook of we hier te maken hebben met de top van het originele dekzand.

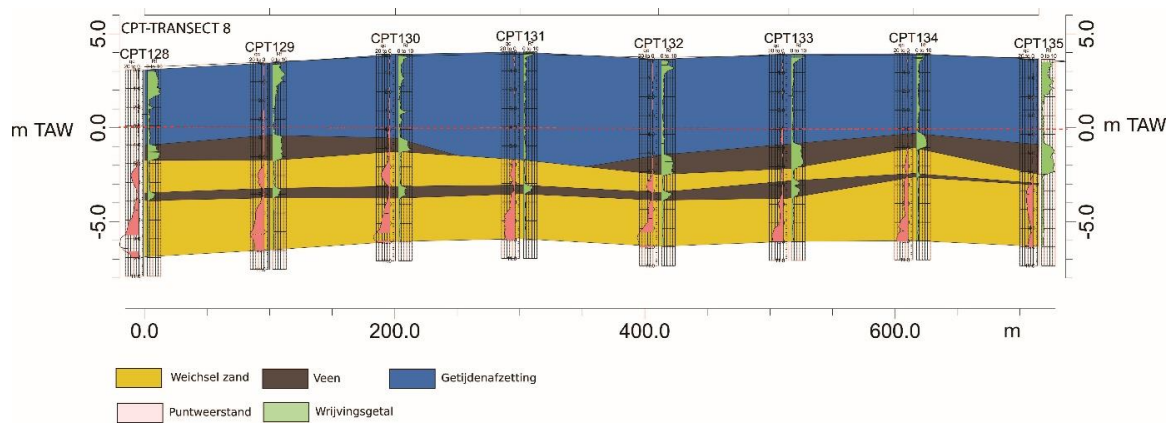


Figuur 5.29 transect 7 door het studiegebied met de dieptevariaties van de belangrijkste profieltypes

Transect 8

Transect 8 bestaat uit de sondeerpunten 128 t.e.m. 135. Enkel ter hoogte van CPT131 lijkt geen veen aanwezig. De top van het dekzand vertoont lichte golvingen en zit op zijn laagst ter hoogte van CPT132 (ca. -2,5 m TAW) en op zijn hoogst ter hoogte van CPT 130 en 134 (ca. -1 m TAW).

Opvallend is de laatglaciale veenlaag die hier overal aanwezig is. Deze laag komt omhoog en wordt dunner ter hoogte van CPT 134 (basis veen op ca. -3m TAW of -6,5 m t.o.v. het maaiveld).

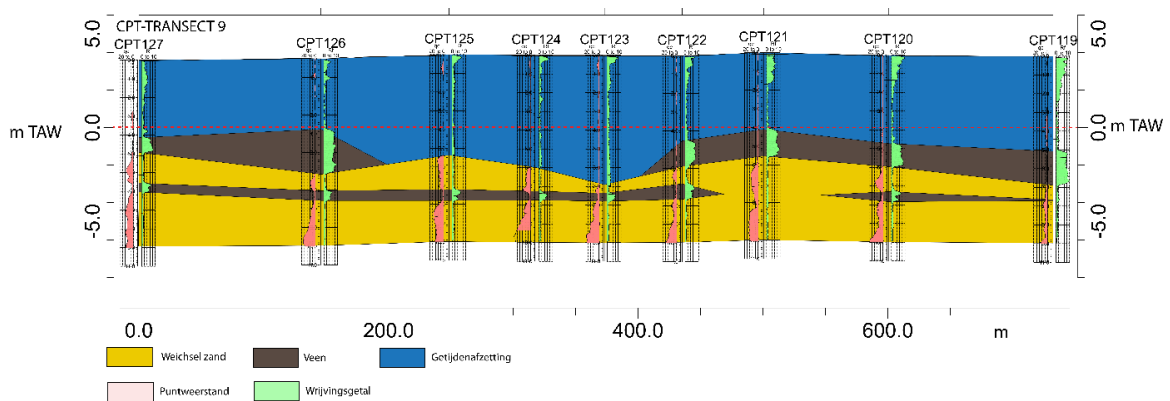


Figuur 5.30 transect 8 door het studiegebied met de dieptevarianties van de belangrijkste profieltypes

Transect 9

Transect 9 (CPT 119 t.e.m. 127 – ZW-NO-oriëntatie) werd door een geul of diverse geulen aangelegd. Het veen is afwezig ter hoogte van CPTs 125, 124 en 123. Naast de geul(en) lijkt het veen het best bewaard. De top van het veen zit ter hoogte van CPT126 en 121 op ca. 0 m TAW. Het dekzand lijkt een golvend verloop te kennen over de doorsnede als is het niet duidelijk nu in hoeverre de geul(en) het origineel oppervlak hebben weg geschuurd.

Ook hier is een laatglaciale veenlaag aanwezig op ca. -3 m TAW (tussen 7 en 8 m diepte t.o.v. het maaiveld).

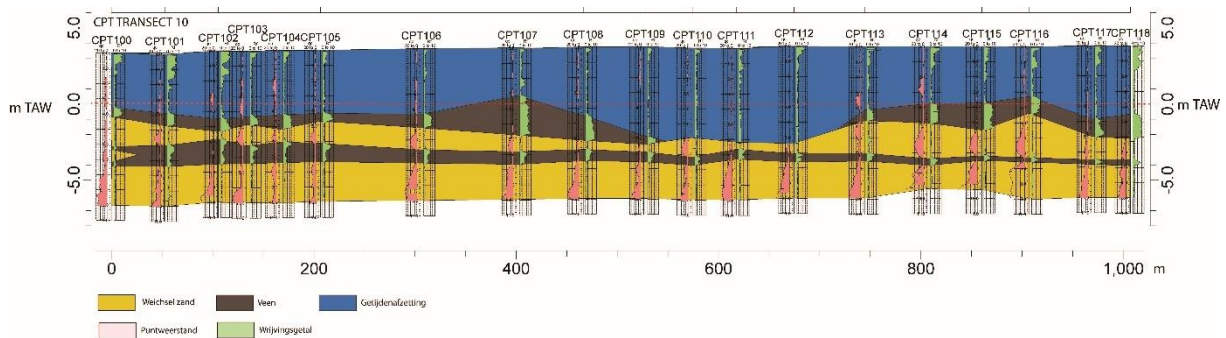


Figuur 5.31 transect 9 door het studiegebied met de dieptevarianties van de belangrijkste profieltypes

Transect 10

Transect 10 loopt over meer dan 1000m en bevat 20 sonderingen (CPT 100 t.e.m. 118). Het kent ook een ZW-NO-oriëntatie en geeft een geul weer ter hoogte van CPTs 109, 110, 111 en 112. Het veen is niet bewaard ter hoogte van deze punten. Dit komt ook overeen met de geofysische resultaten die hier een brede geul weergeven. De top van het zand varieert hier van ca. -1,5 m TAW tot -2 à -2,5 m TAW.

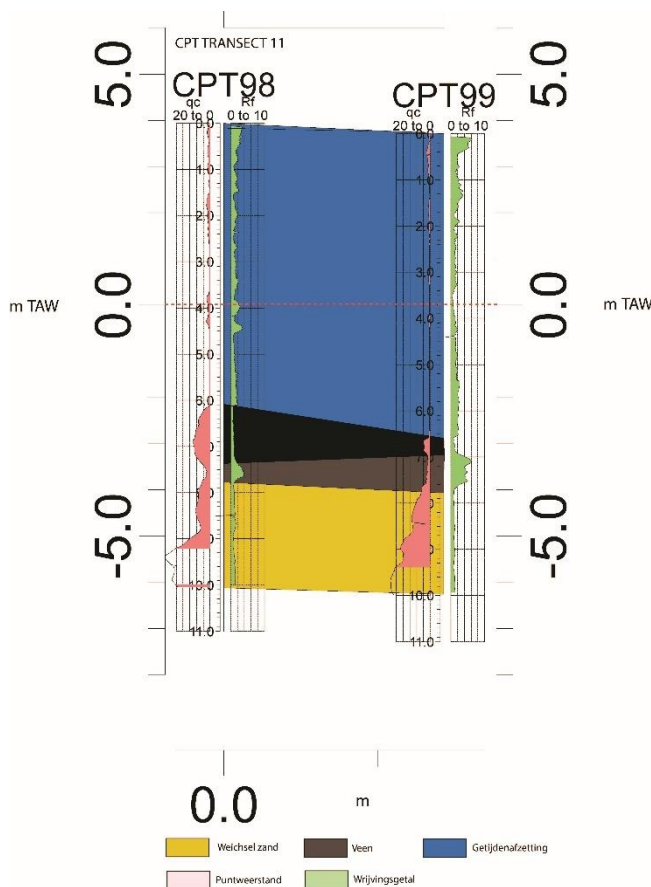
Bij alle sonderingen werd een laatglaciale veenlaag vast gesteld (-3 à -4 m TAW).



Figuur 5.32 transect 10 door het studiegebied met de dieptevariaties van de belangrijkste profieltypes

Transect 11

Transect 11 bestaat in feite slechts uit 2 sonderingen (CPT 98 en 99). Beiden zijn in de loop van de laatmiddeleeuwse geul gesitueerd. De top van het zand bevindt zich dan ook op ca. -4 m TAW (of ca. 8 m diepte t.o.v. het maaiveld). Mogelijk betreft dit al het laatglaciaal zand met het laatglaciaal veen erboven. In dat scenario zou de geul het dekzand geërodeerd hebben.



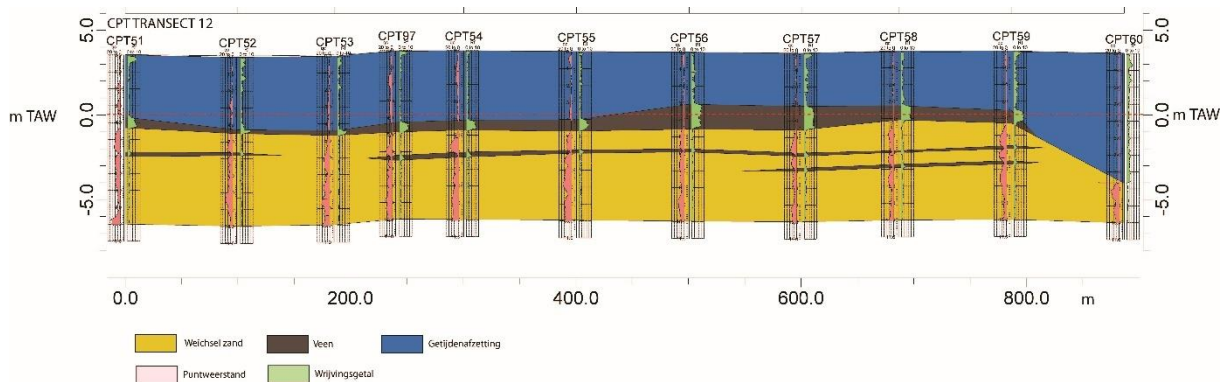
Figuur 5.33 transect 11 door het studiegebied met de dieptevariaties van de belangrijkste profieltypes

Transect 12

Transect 12 bestaat uit sonderingen 51, 52, 53, 97, 54, 55, 56, 57, 58, 59 en 60. Ter hoogte van CT 60 bevindt zich een geul die zich diep in het prehistorisch niveau heeft ingesneden.

In alle overige sonderingen zijn er aanwijzingen voor veen. Ter hoogte van CPTs 52 en 53 is dat veen vrij dun. Daarom werd ter hoogte van CPT 53 een geoprobe-boring (geoprobe 1) gezet ter validatie. Het veen bleek ter hoogte van die locatie niet bewaard te zijn. Het zand was wel aanwezig, maar bevond zich al op -1,26m TAW. Vanaf CPT 97 wordt het veen terug dikker.

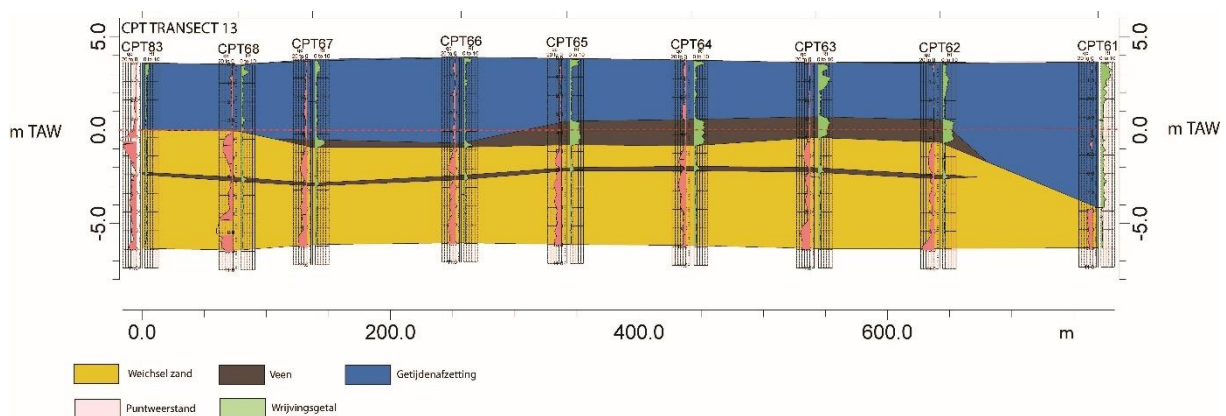
Bij alle CPTs is een laatglaciaal venelaagje vastgesteld uitgezonderd ter hoogte van CPTs 53 en 60. Op basis van de geoprobe-boring 1 kan echter wel gesteld worden dat, dat venelaagje ook ter hoogte van CPT53 wel degelijk aanwezig is op bijna 6 m diepte.



Figuur 5.34 transect 12 door het studiegebied met de dieptevariëaties van de belangrijkste profieltypes

Transect 13

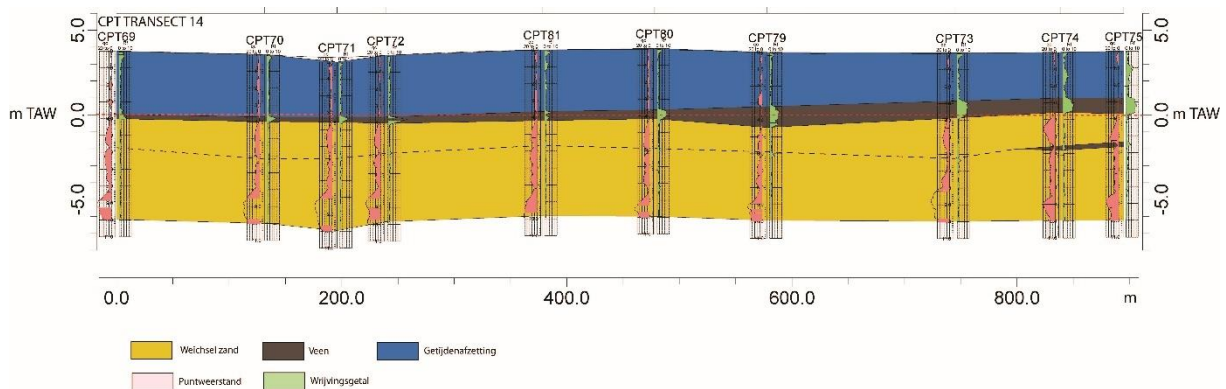
Transect 13 vertoont een min of meer vergelijkbaar beeld als transect 12. Er lijkt echter geen veen aanwezig ter hoogte van CPTs 83 en 68; geoprobe-boring 2 bevestigt dit gegeven, maar toont wel aan dat het prehistorisch niveau er quasi intact is en zich op ca. 0 m TAW bevindt. Belangrijk is het feit dat de westelijke waterpartij in deze sector wordt aangelegd en dus het prehistorisch niveau zal bereiken.



Figuur 5.35 transect 13 door het studiegebied met de dieptevariëaties van de belangrijkste profieltypes

Transect 14

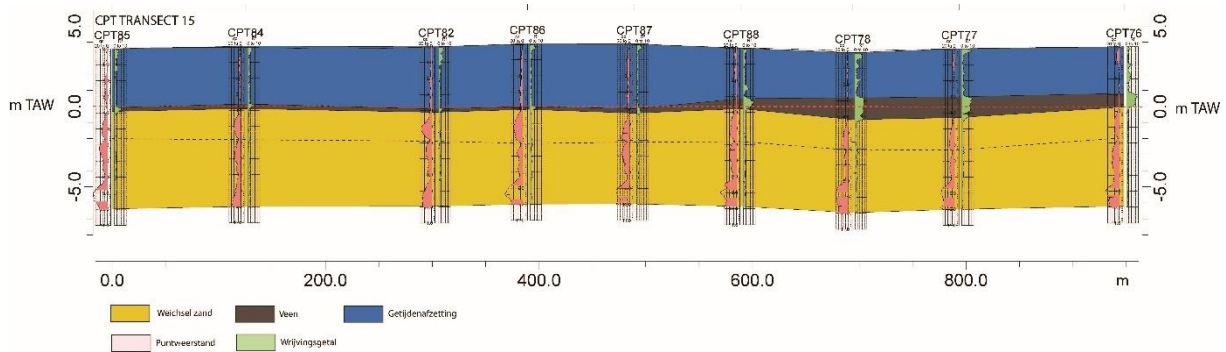
Transect 14 toont ook aan dat de te graven waterpartij op deze locatie dreigt het prehistorisch niveau dat hier net onder de 0 m TAW-lijn te verstoren. Het veen is hier geërodeerd ter hoogte van CPTs 69 t.e.m. ca. 81, maar de basis is wel bewaard. Vanaf CPT 81 wordt het veen terug dikker.



Figuur 5.36 transect 14 door het studiegebied met de dieptevariëaties van de belangrijkste profieltypes

Transect 15

Transect 15 vertoont een vergelijkbaar beeld als transect 14, met een dunne geërodeerde veenlaag die flirt met de 0 m TAW-lijn aan de westzijde van het transect en het veen dat terug dikker wordt van CPT87.

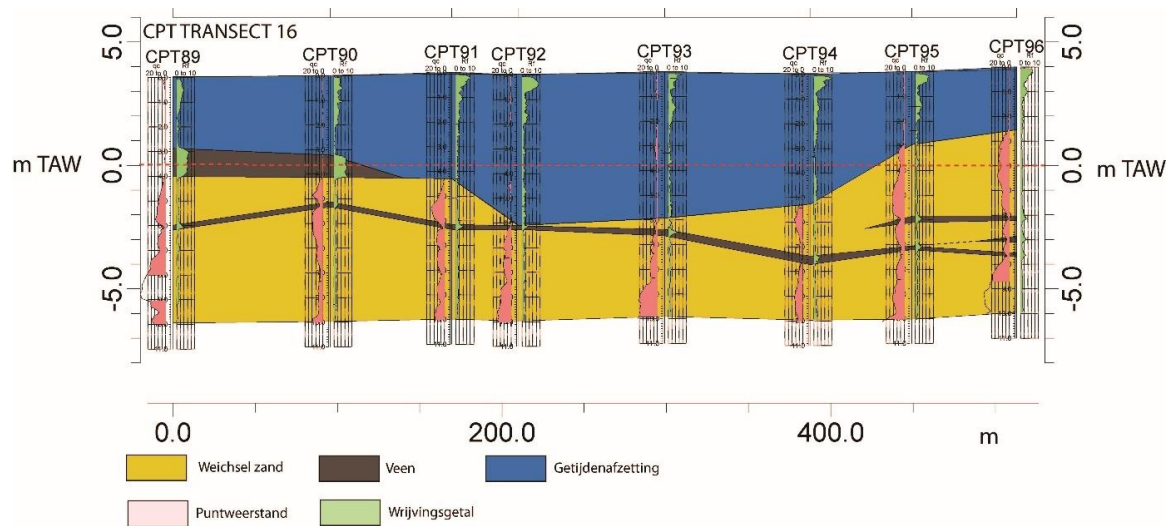


Figuur 5.37 transect 15 door het studiegebied met de dieptevariëaties van de belangrijkste profieltypes

Transect 16

Transect 16 bevindt zich ten noordoosten van de boomgaard en heeft een NO-ZW-oriëntatie. Een geulstructuur komt duidelijk tot uiting ter hoogte van CPTs 91, 92, 93 en 94. De geul lijkt het prehistorisch oppervlak te hebben weg geschuurd tot op of net boven de laatglaciale veenlaag.

In CPTs 95 en 96 lijkt geen veenlaag aanwezig en zou het zandniveau stijgen naar + 1 m TAW; Dit wordt verder bekeken met behulp van een geoprobe-boring (nr. 3) ter hoogte van CPT95. Ter hoogte van CPTs 89, 90 en 91 lijkt het prehistorisch oppervlak net onder 0 m TAW te liggen. De top van het veen is bewaard tot bijna + 1 m TAW ter hoogte van CPT 89.



Figuur 5.38 transect 16 door het studiegebied met de dieptevariaties van de belangrijkste profieltypes

6 Archeologische boringen

6.1. Inleiding

In opdracht van het Havenbedrijf Antwerpen voerde GATE in de periode januari-februari en april-mei 2016 een archeologisch booronderzoek uit in het projectgebied Prosperpolder Zuid (Oost-Vlaanderen, Beveren), dat omsloten wordt door de Muggenhoek en de Polderdijk in het zuiden, de Petrusstraat in het westen, de Belgische Dreef en de Hertog Prosperstraat in het noorden en de Carolusstraat, de Westlangeweg en de Zoetenberm in het oosten (fig. 6.1). Het projectgebied heeft een oppervlakte van ca. 170 hectare; de drie tijdens het vooronderzoek afgebakende onderzoekszones hebben een oppervlakte van ca. 34,3 ha (zone1), ca. 27,5 ha (zone 2) en ca. 24 ha (zone 3) (fig. 6.2).

Doel van het onderzoek was om na te gaan of binnen de afgebakende zones (zones 1, 2, 3) daadwerkelijk - en met name prehistorische - vindplaatsen in de vorm van vondstclusters aanwezig zijn. Tevens was het wenselijk om ook een (eerste) inzicht te verkrijgen in specifieke kenmerken (zoals omvang, datering, bewaringstoestand, etc.) van eventueel aangetroffen prehistorische vindplaatsen.

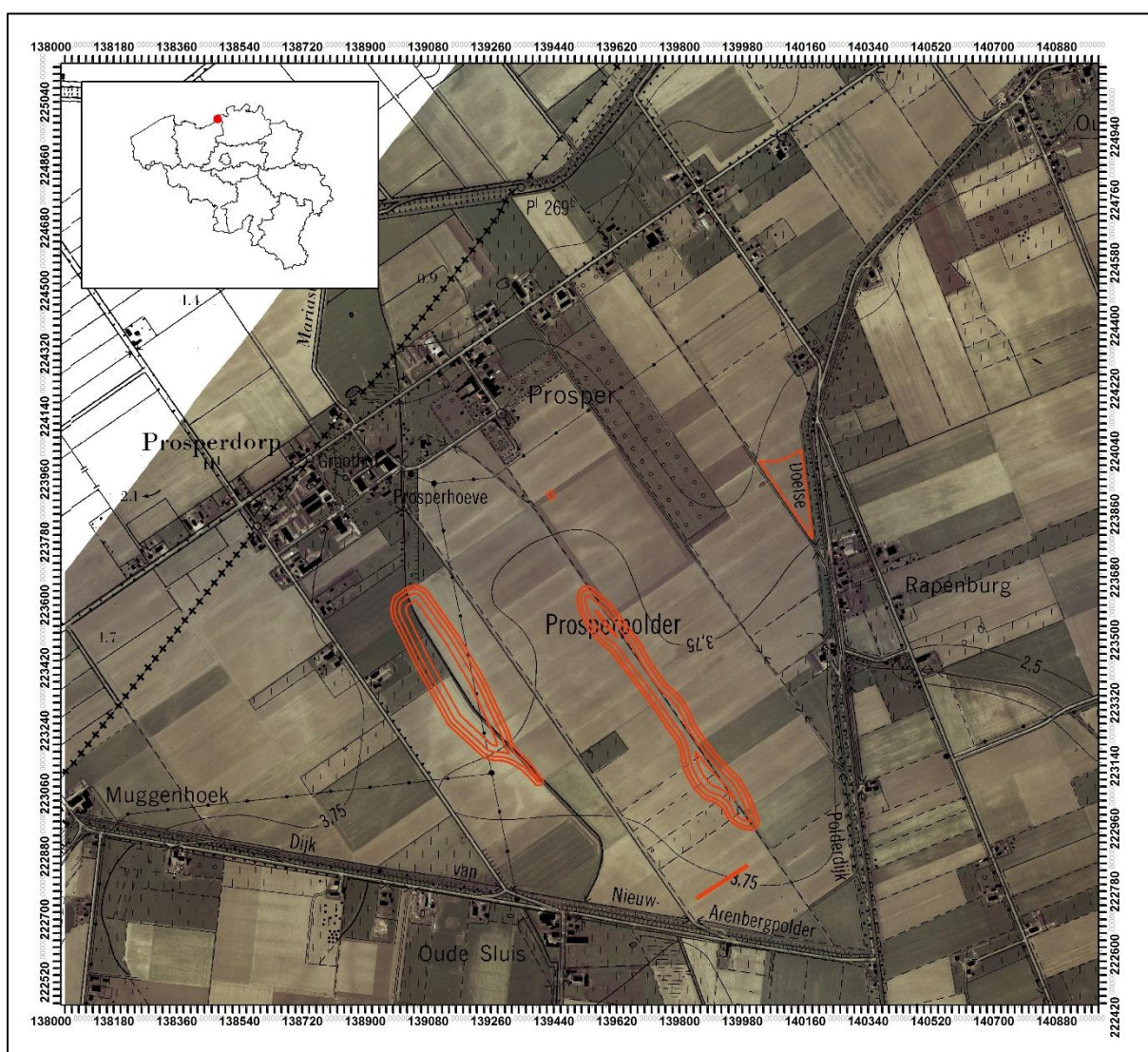


Fig. 6.1: lokalisatie van het onderzoeksgebied.



Fig. 6.2: Lokalisatie van de archeologische boringen in het onderzoeksgebied.



Fig. 6.3: lokalisatie van de boringen tov de inrichtingswerken.

6.2. Werkwijze

Voor het verwerven van inzichten in de aard, afdekking en bewaringstoestand van de bodemopbouw ter hoogte van het projectgebied wordt gebruik gemaakt van mechanische archeologische boringen.

6.2.1 Archeologisch booronderzoek

De boorpunten werden vooraf met gprs uitgezet in een 10x10m-grid, verspreid over drie zones die samenvallen met de diepste geplande verstoringen (fig. 6.3).

Het verzamelen van de monsters gebeurde met een *Sonic Sample Drill* (fig. 6.4), een onder een hoogfrequente trilling gebrachte steekbuis met waterslot die langzaam de grond in wordt gedrukt. Door de sonische beweging wordt de indringweerstand, en daarmee de vervormingen in de grond, verminderd. Middels deze techniek kunnen discontinue ongeroerde monsters met een diameter van 10 cm verzameld worden op variabele diepte.

Het boorteam bestond uit Daniel Julius (boormeester, *Sonic Sample Drill*), Hans Jacobs, Sander Roevens en Phil McQuillan (boorassistent, Geosonda) en Machteld Bats, Jasmine Cryns, Pieter Laloo, Jasper Deconynck (archeoloog, GATE).



Fig. 6.4: boren met de Sonic Sample Drill ter hoogte van het onderzoeksgebied (foto: GATE).

Het te bemonsteren niveau werd bepaald aan de hand van de resultaten van het landschappelijk vooronderzoek en tijdens het veldwerk nog telkens bijgesteld met de opgedane kennis van de reeds uitgevoerde voorgaande boringen. Vervolgens werd rond het verwachte niveau van de top van het dekzand 2 m continu staal genomen. Deze boorkern werd uitgedrukt in twee goten van telkens 1 m (fig. 6.5) en in het veld schoongemaakt (fig. 6.6), beknopt beschreven (fig. 6.7, bijlage 1) en gefotografeerd. Voor de foto werden de kernen telkens van links naar rechts gelegd, met een vondstkaartje aan het begin van het genomen staal. De foto's van deze kernen en de fotolijst van de aangeleverde foto's zijn terug te vinden in Bijlage 2. De top van het dekzand werd telkens bemonsterd vanaf de basis van het veen tot in de C-horizont (moederbodem). Dit komt overeen met een 40-50 cm staal dat werd opgevangen in gesloten emmers (fig. 6.8) en naar de zeeflocatie werd getransporteerd. Elk staal kreeg een uniek volgnummer dat op een vooraf gedrukt waterbestendig kaartje aan het monster wordt toegevoegd. Vervolgens werden de monsters nat gezeefd over 1mm-mazen. Het residu werd met het volgnummer opgevangen in plastic bakjes en aan de lucht gedroogd.

Tijdens het veldwerk heeft geen enkele van de voormalige eigenaars contact gezocht. Wel was er, zeker tijdens het booronderzoek in zones 1 en 2, regelmatig bezoek met specifieke interesse voor de boormachine, allen geassocieerd met Geosonda en Sonic Sample Drill. Twee archeologen van het Agentschap voor het Onroerend Erfgoed zijn eveneens langs geweest, nl. Erwin Meylemans en Ingrid In 't Ven. Twee tot drie keer per week werd de voortgang van het onderzoek gecontroleerd door Johan Braspenninckx (Port of Antwerp).



Fig. 6.5: de opgeboorde kern van 2 m wordt uitgedrukt op twee goten van telkens 1 m lang (foto GATE).

Fig. 6.6: de uitgedrukte kernen worden schoongemaakt voor betere zichtbaarheid (foto: GATE) .



Fig. 6.7: de opgeboorde kernen worden bondig beschreven (foto: GATE)

Fig. 6.8: Het bodemonmonster wordt voorzien van een vondstnummer en opgevangen in een emmer (foto: GATE).

6.2.2 Aanvullend archeologisch booronderzoek

Aansluitend bij het booronderzoek in zone 3 werden achttien waarderende boringen geplaatst in de eerder onderzochte zone 1. De boorpunten werden vooraf door Machteld Bats (GATE) met gprs uitgezet in een verdicht 5x5m-driehoeksgrid, straalsgewijs rond de positieve boorpunten fig. 6.2). Het verzamelen van de monsters gebeurde met een *Sonic Sample Drill*, volgens exact dezelfde werkwijze als beschreven in 6.2.1.

6.3 Resultaten

6.3.1 Inleiding

In totaal werden 733 boringen in drie zones uitgevoerd met een einddiepte variërend tussen 400 en 600 cm -mv. Zone 1 omvatte 306 boringen (fig. 6.9), zone 2 besloeg 188 boringen (fig. 6.10) en zone 3 nog eens 221 boringen (fig. 6.11). Het aanvullend waarderend onderzoek bestond uit 18 extra boringen in Zone 1 (fig. 6.9).

De boringen verliepen over het algemeen vlot, met uitzondering van enkele technische pannes bij de machines (boormachine en bobcat). Op één veld na waren alle velden zeer goed toegankelijk voor de machines. De kwaliteit van de boormonsters was over het algemeen goed tot zeer goed. Slechts twee boringen moesten hernomen worden omdat de kwaliteit van boringen niet voldoende was. Hiertoe werd de boormachine een halve meter in de rijrichting opgeschoven.

Hoewel het primaire doel van deze boringen het opsporen van archeologische indicatoren was, kunnen de verzamelde gegevens ook gebruikt worden voor het verfijnen van het ondergrondmodel dat bij de voorgaande landschappelijke onderzoeksfasen werd opgemaakt. Hierbij moet echter steeds rekening gehouden worden met het feit dat hier slechts 2 m bemonsterd werd en de bovenliggende sedimenten niet bestudeerd konden worden. Dit betekent dat de top van de bovenste laag in de kern, niet noodzakelijk de werkelijke hoogte reflecteert, wat gevolgen heeft het bepalen van de dikte van de pakketten (vnl. van het veen). In het dekzand werden regelmatig venige laagjes aangetroffen, die in verband gebracht worden met warmere fasen tijdens de laatste ijstijd (interstadialen). De afwezigheid van dergelijke lagen betekent evenwel niet de afwezigheid van dergelijke veenlaagjes; ze kunnen evengoed dieper dan het boorbereik liggen.

6.3.2 Zone 1

Zone 1 omvat de boornummers 1 t.e.m. 343, aangevuld met nummers 570 t.e.m. 587 (zie verder). Van de geplande boringen vielen er 27 om verschillende redenen weg. Het merendeel verviel omdat ze in de gracht en dus onbereikbaar voor de machine gelokaliseerd waren. Het betreft 27 boringen in zone 1 en 12 boringen in zone 2. Nog eens 18 boringen werden niet uitgevoerd omdat ze ter hoogte van een begraven diepe, subrecente geul lagen die dieper (> 1 m) reikt dan de verstoringen door de geplande werken. Van drie boringen zijn geen foto's beschikbaar. Het gaat om boringen 1, 4 en 214. Boringen 250 en 257 moesten hernomen worden omdat de kwaliteit van het eerste staal niet voldoende was.

De typische bodemopbouw (alluvium/veen/dekzand) werd algemeen waargenomen, met uitzondering van de locaties waar subrecente (getijden)geulen het landschap doorsneden hebben. Figuren 9 t.e.m. 12 tonen dwarsprofielen van zone 1 op basis van de boringen waarop de typische bodemopbouw en de vele geulinsnijdingen duidelijk zichtbaar zijn. Bij het opmaken van deze dwarsprofielen moet wel in gedachten gehouden worden dat enkel het dekzandniveau kon beschreven worden en niet de bovenliggende pakketten. De geulen hebben in veel gevallen wel het veen weggeslagen maar vermoedelijk de top van het dekzand slechts oppervlakkig geraakt. Dit is af te leiden van de bodemvorming die nog kon waargenomen worden in het bewaarde dekzand (fig 6.13). Vanuit archeologisch standpunt is dit interessant omdat ondanks de latere erosie de impact op het prehistorische niveau vrij beperkt is.

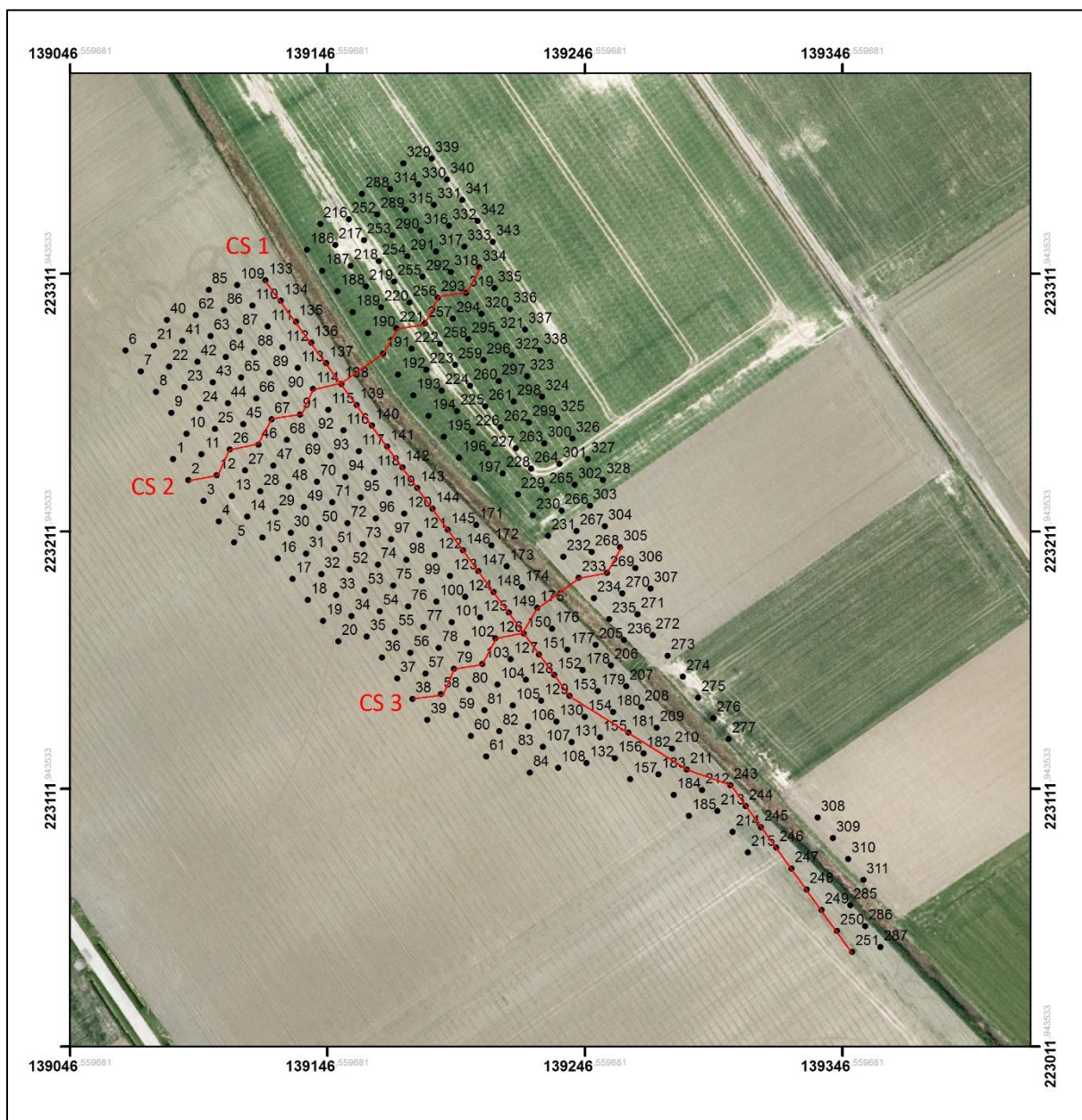
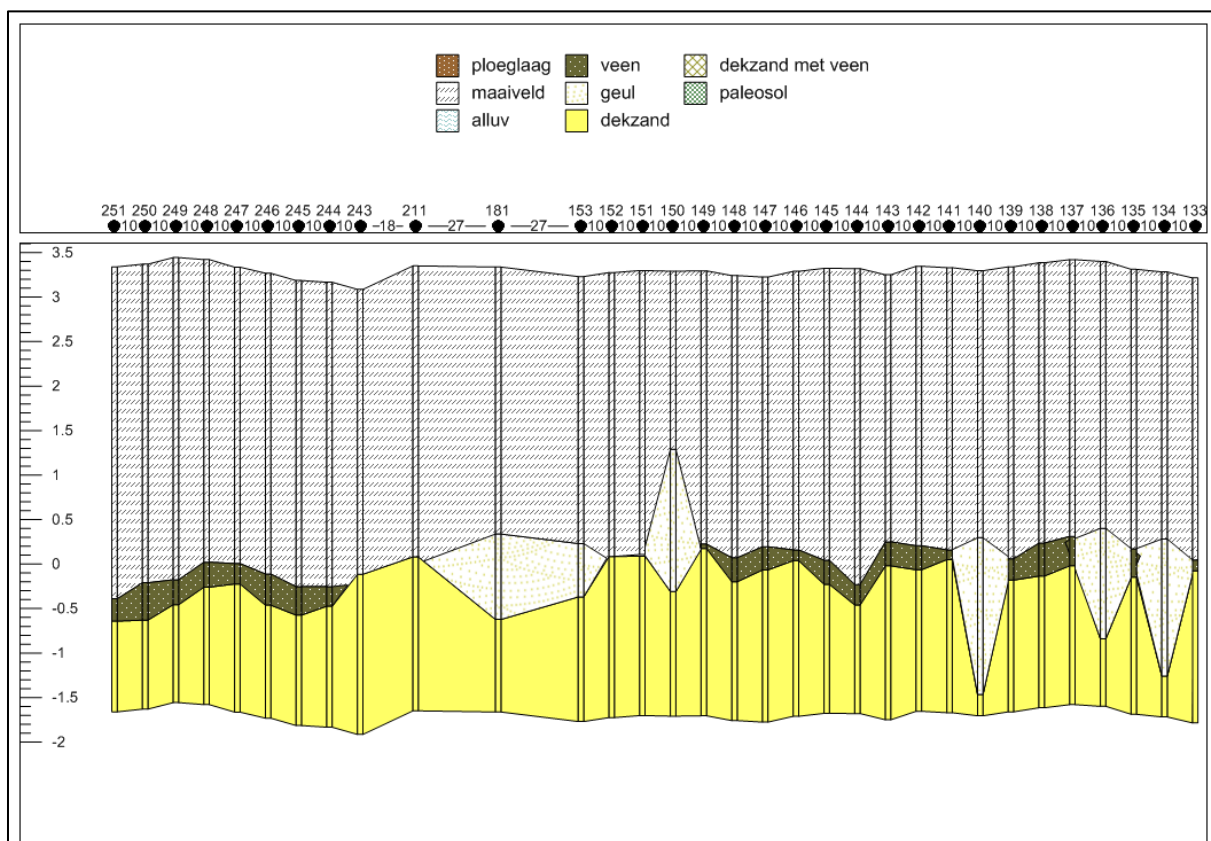
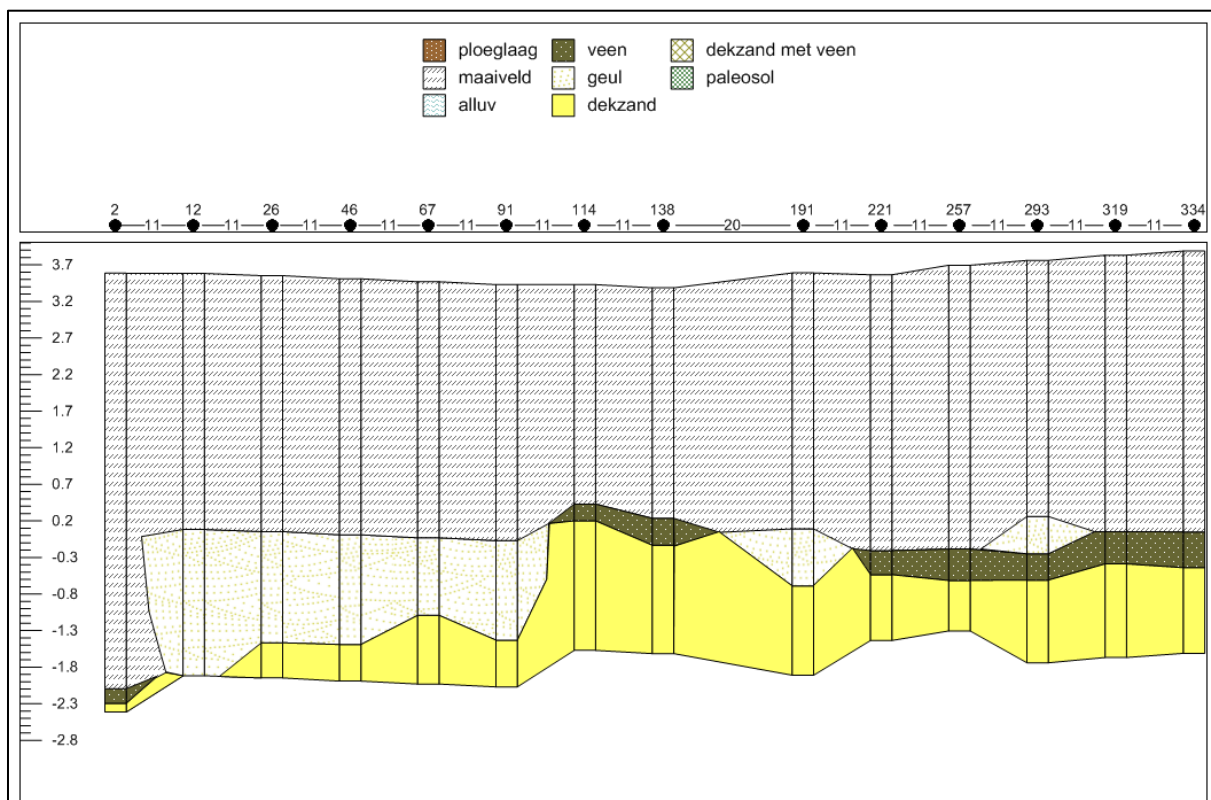


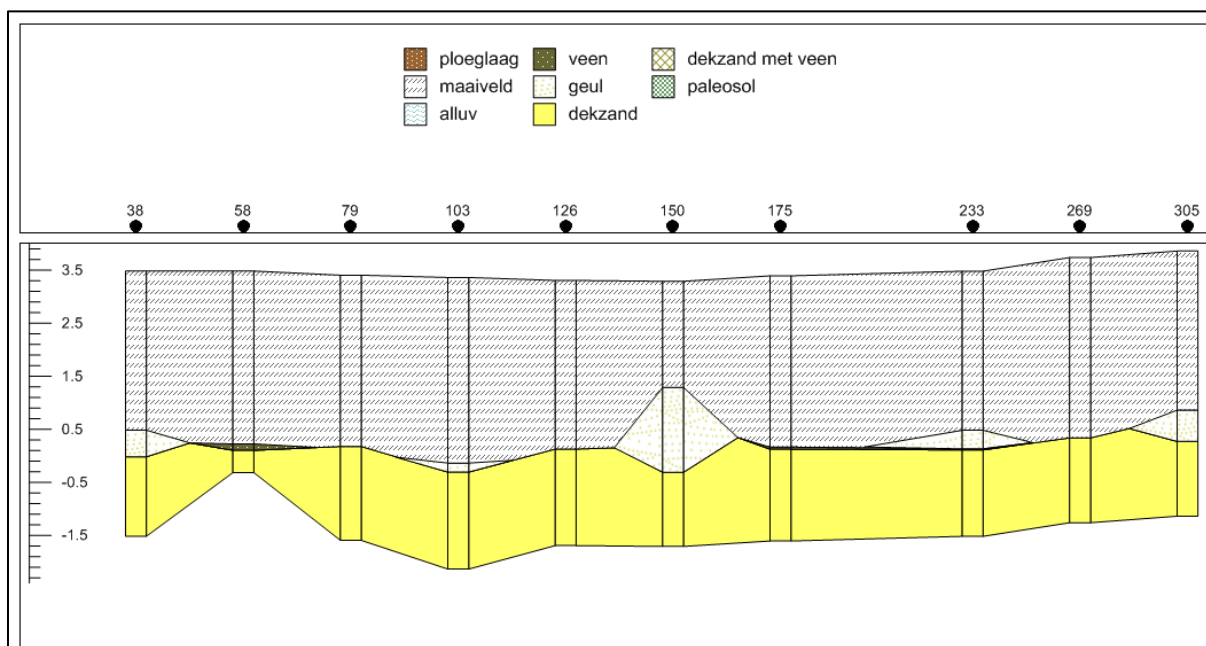
Fig. 6.9: lokalisatie en nummering van de archeologische boringen in zone 1, met aanduiding van de dwarsprofielen.



Figuur 6.10: Zone 1 - dwarsprofiel CS1



Figuur 6.11: Zone 1 - dwarsprofiel CS2



Figuur 12: Zone 1 - dwarsprofiel CS3



Figuur 13: voorbeeld van een profiel waarbij, hoewel de geul het dekzand raakt, de bodemvorming in de top toch wijst op een relatief goede bewaring. Het eventueel aanwezige veen is weg.

Alle verzamelde boorresidu werd na het zeven en drogen zorgvuldig uitgezocht op archeologische indicatoren. Uit zone 1 bleken drie monsters positief, d.w.z. dat zij een of meerdere directe archeologische indicatoren bevatten. Boringen 99 en 302 bevatten elk één vuurstenen artefact, een zgn. *microchip*. Boring 59 bevat 6 vuurstenen artefacten: één gebroken¹ afslag en vijf *microchips*. Al deze artefacten zijn in feite afvalproducten ten gevolge van vuursteenbewerking (*debitage*) en ze wijzen dus onomstotelijk op menselijke aanwezigheid op deze locatie. Alle artefacten werden verzameld uit de top van het dekzand. Tabel 1 toont de diepte -mv van de top van het verzamelde monster. Dit komt overeen met de top van het dekzandniveau. Ter hoogte van boring 59 is geen veen bewaard ten gevolge van geulwerking, maar de aanwezigheid van bodemontwikkeling wijst op een geringe erosie.

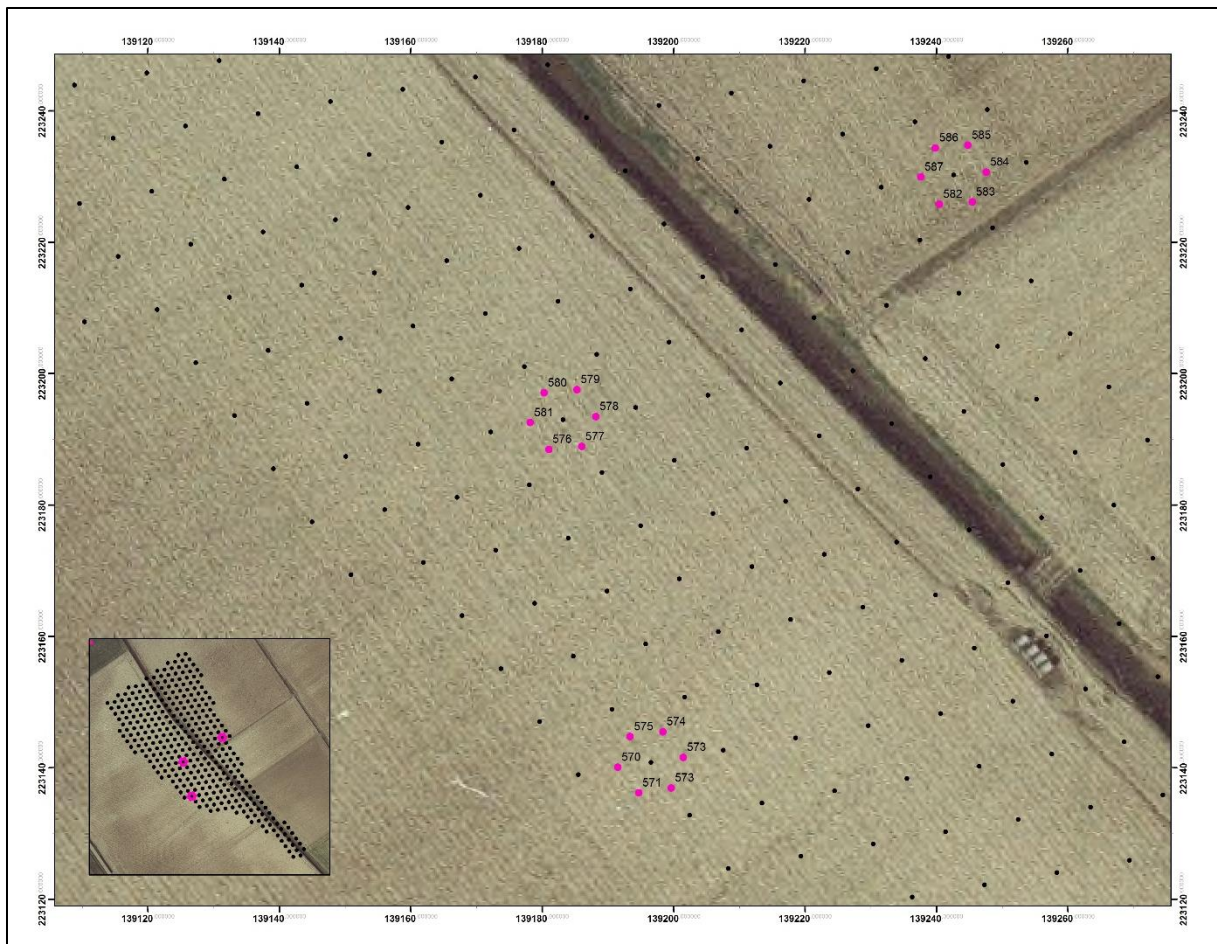
¹ Vermoedelijk gaat het om een breuk veroorzaakt door het boren ; het breukvlak was immers opvallend vers.

boring	X	Y	Z mv (m TAW)	top dekzand (m TAW)	VST
59	139196,5352	223140,8246	3,489	0,289	6
99	139183,1740	223192,9924	3,272	-0,408	1
302	139242,6356	223230,2660	3,778	0,378	1
571	139194,6775	223136,1896	3,664	0,264	1

Tabel 1: vondsten uit het booronderzoek in zone 1.

Rond elk van de drie positieve boringen werden telkens zes aanvullende boringen geplaatst (fig. 14 en 15) om de top van het dekzand te bemonsteren. De achttien boringen leverden evenveel volwaardige monsters op. Op verschillende locaties werd bodemvorming vastgesteld, wat wijst op een goede bewaring van de bodem. Bij een aantal boringen werd de top van het dekzand aangetast door recentere inbraakgeulen. De aanwezigheid van bodemvorming wijst echter op slechts een gedeeltelijke erosie en dus werd besloten om toch te bemonsteren.

Het aanvullende booronderzoek leverde één positief monster op dat een artefact, een zgn. *microchip*, bevatte (fig. 6.14, tabel 1). Dit positieve monster, dat verzameld werd uit B.571, bevond zich op 5 m afstand van B.59. 15



Figuur 6.14: locatie van de aanvullende archeologische boringen in zone 1.

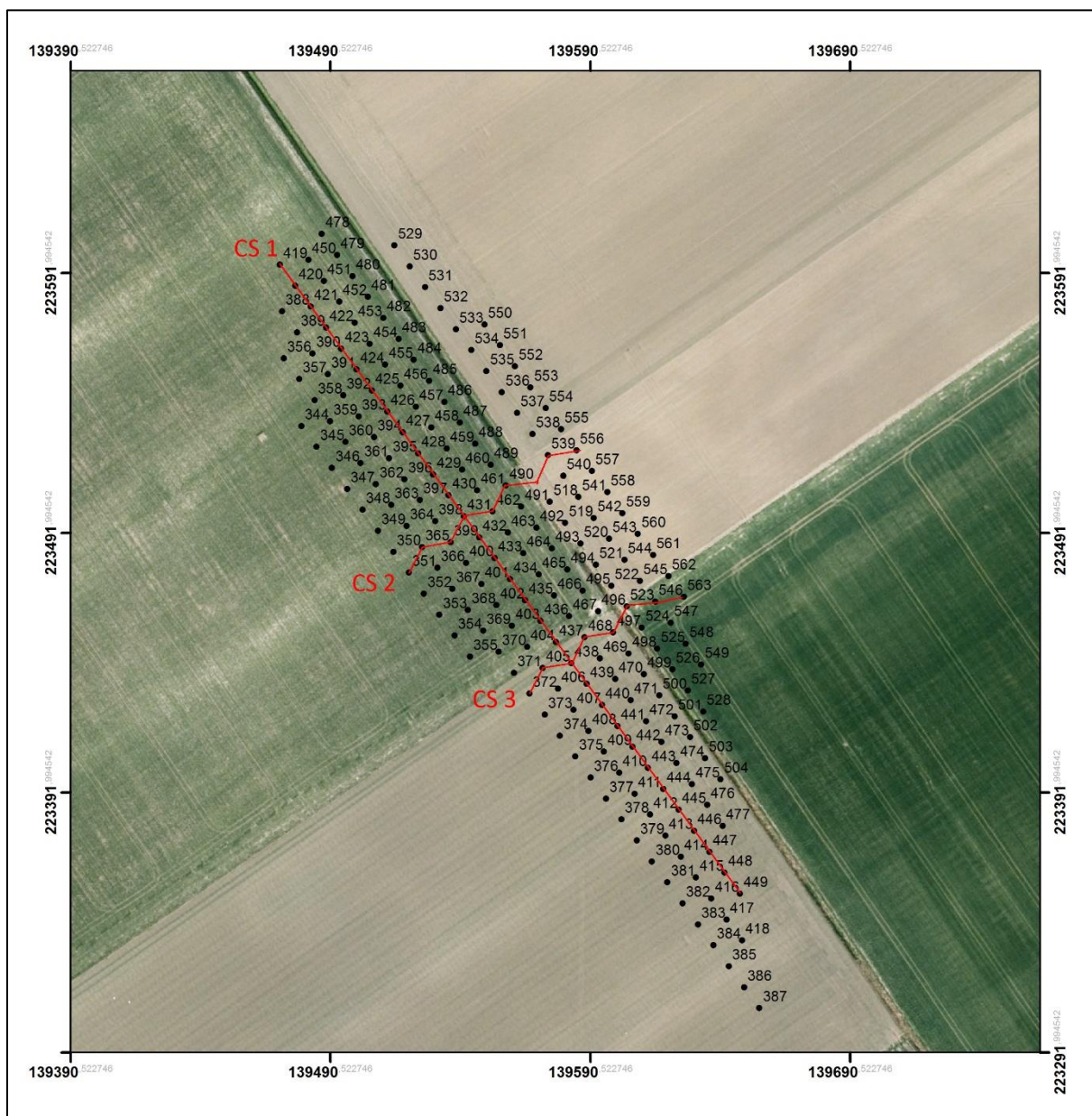


Figuur 6.15: de aanvullende boringen worden straalsgewijs rond de positieve boorpunten uitgezet (gele bordjes). De cirkel achteraan op de foto omvat het nieuwe positieve boorpunt B571.

6.3.2 Zone 2

De boringen in deze zone omvatten de nummers 344 t.e.m. 563 (fig. 16). Ook in deze zone verliep het boren algemeen vlot. Op één veld na waren alle velden zeer goed toegankelijk voor de machines. Een recent geploegd veld was door de aanhoudende regen niet berijdbaar voor de machine. Een poging hiertoe moest gestaakt worden gezien de machine dreigde zich in de klei te graven, met het risico dat ze zou omvallen. Hierdoor zijn 12 geplande boringen vervallen. Van boring 385 werd geen foto genomen.

Zone 2 vertoont, in vergelijking met zone 1, weinig sporen van erosie van het dekzand door (diepe) geulinbraken. De dekzandbodem is daardoor over het algemeen goed bewaard. Drie dwarsprofielen van het gebied tonen duidelijk de typische bodemopbouw zoals ook vastgesteld in zone 1 (fig. 6.16; 6.18 t.em. 6.20) Wel werd plaatselijk mogelijke verstoring door boomvallen (letterlijk ontstaan door omgevallen bomen) vastgesteld. Een voorbeeld hiervan is boring 450 (fig. 6.17): de top van het dekzand in deze boring lijkt 'verrommeld' alsof het veen en het dekzand gemengd werden. Dergelijk profiel kan eventueel wijzen op de aanwezigheid van een boomval in de top van het dekzand.



Figuur 6.16: lokalisatie en nummering van de archeologische boringen in zone 1, met aanduiding van de dwarsprofielen.



Fig. 6.17: boring in zone 2 met mogelijk sporen van een boomval.

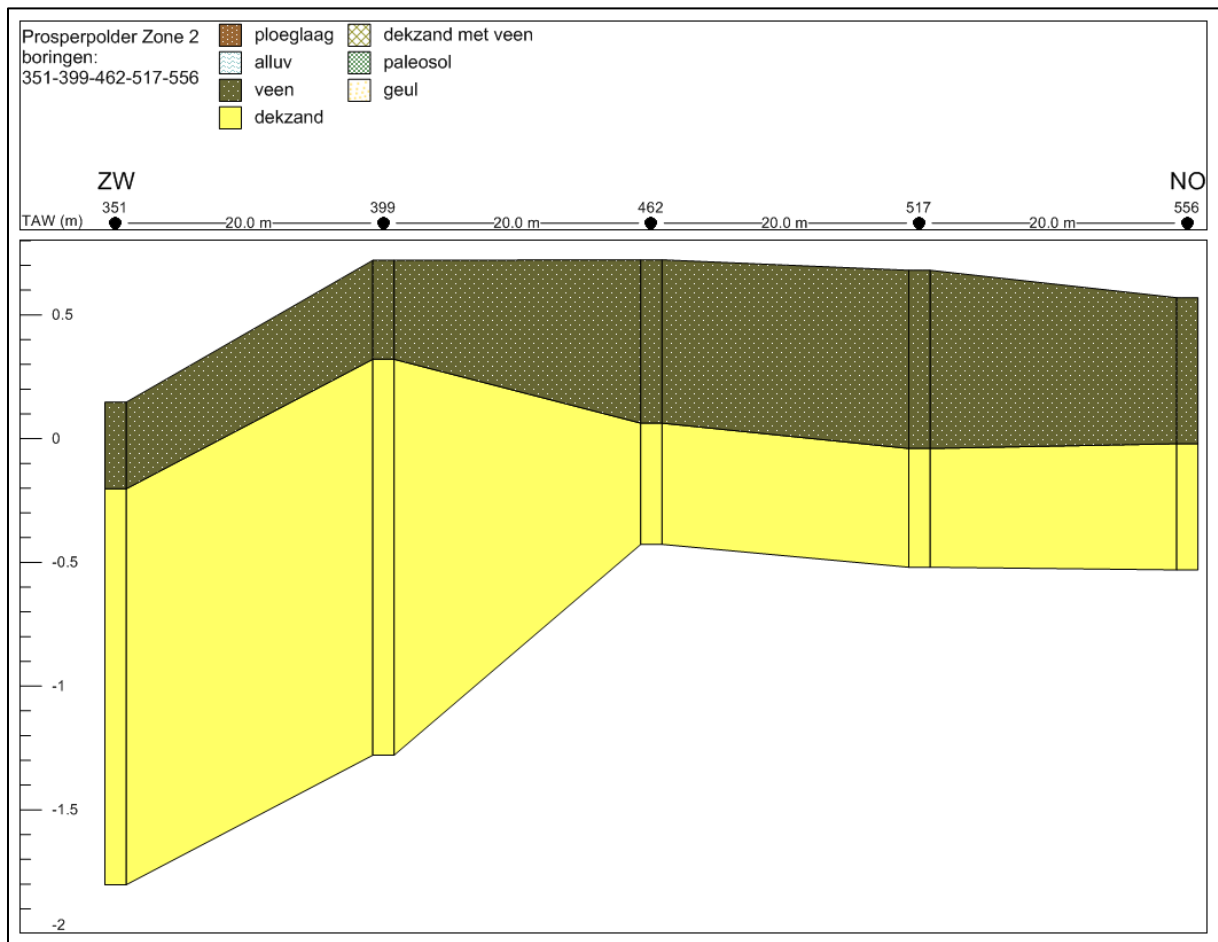


Fig. 6.18: Zone 2 - dwarsprofiel CS2

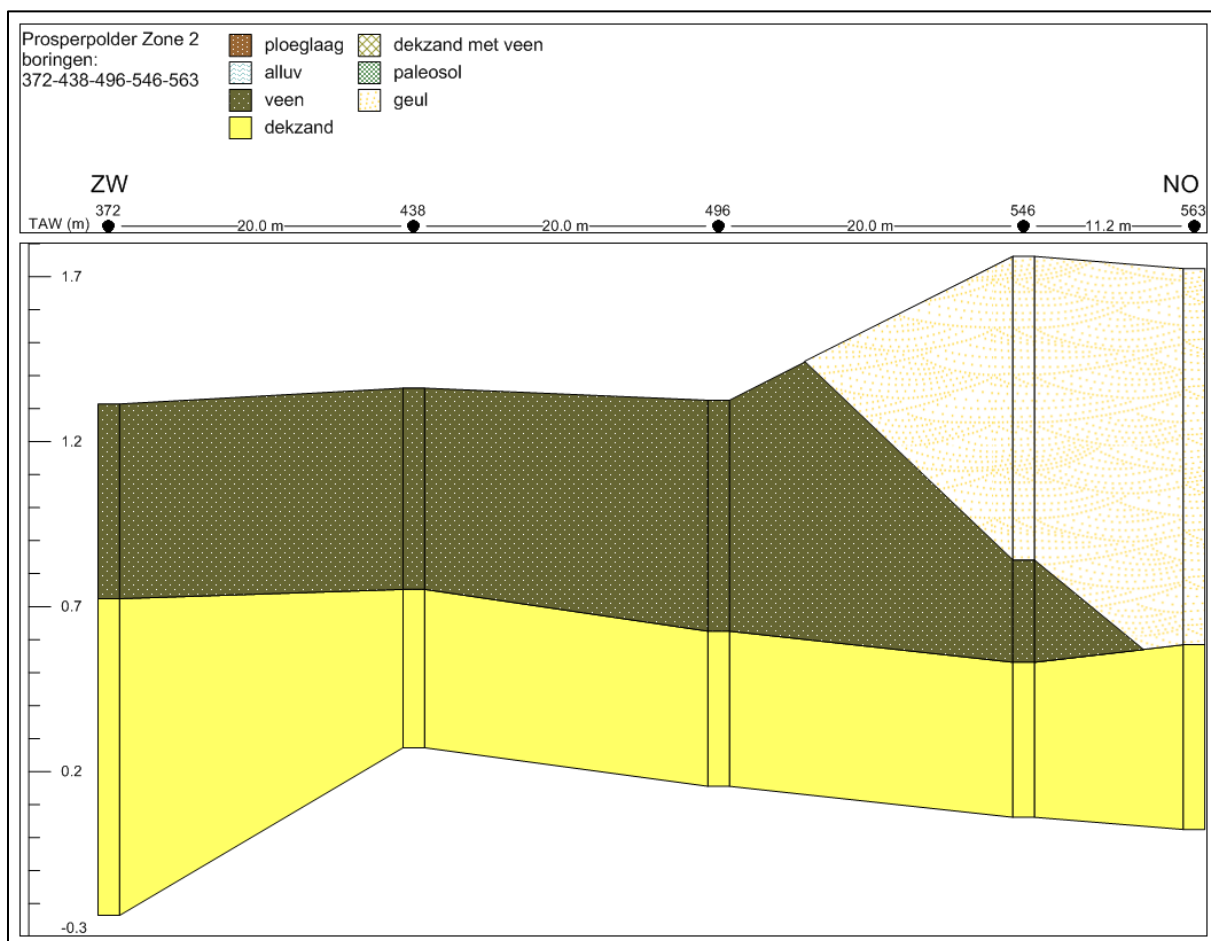


Fig. 6.19: Zone 2 - dwarsprofiel CS3

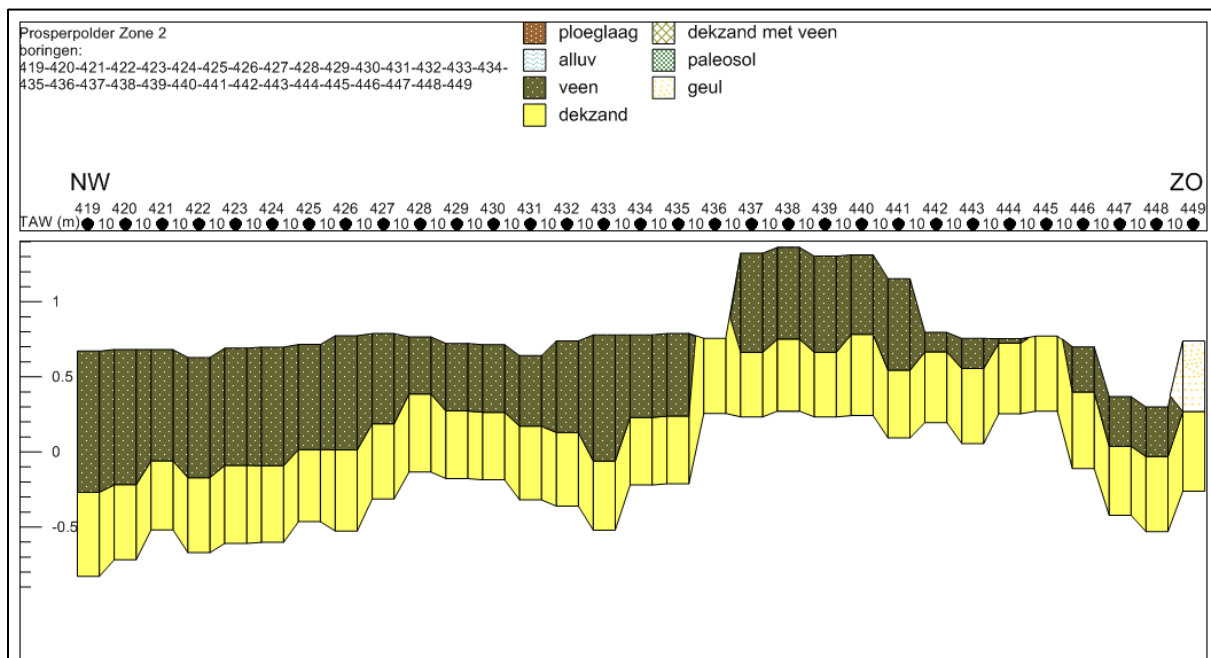


Fig. 6.20: Zone 2 - dwarsprofiel CS1

6.3.3 Zone 3

In totaal 221 boringen werden in deze zone uitgevoerd met een einddiepte variërend tussen 400 en 500 cm -mv. De nummering voor zone 3 loopt van 600 t.e.m. 843 (fig. 6.21).



Fig. 6.21: Lokalisatie van de dwarsprofielen in zone 3.

Van de geplande boringen kon een beperkt aantal boringen niet worden uitgevoerd vanwege de aanwezigheid van een brede gracht met aan de randen veel stort en enkele gegraven bassins (meetputten?) (fig. 6.22) die niet toegankelijk waren voor de boormachine. Waar mogelijk werd door aannemer Smet het stort lokaal verplaatst zodat het vooraf geplande boorgrid zo maximaal mogelijk kon worden uitgevoerd (fig. 6.23). Alle overige boringen werden probleemloos uitgevoerd en leverden allen volwaardige monsters op. Op verschillende locaties werd bodemvorming vastgesteld, wat wijst op een goede bewaring van de bodem. Bij een aantal boringen werd de top van het dekzand aangetast door recentere inbraakgeulen. De aanwezigheid van bodemvorming wijst echter op slechts een gedeeltelijke erosie en dus werd besloten om toch te bemonsteren. De bodemopbouw wijkt verder niet af van deze in zone 1 en 2, zoals zichtbaar gemaakt wordt in de dwarsprofielen in figuren 6.24 t.e.m. 6.27. De lokalisatie van de profielen is weergegeven op figuur 6.21.

Het archeologische booronderzoek in deze zone booronderzoek leverde geen enkel monster op dat een of meerdere archeologische indicatoren bevatte.



Fig. 6.22: Boring naast de vermoedelijke meetputten (uiterst rechts op de foto).

Fig. 6.23: het stort van de gracht (rechts) werd door de aannemer verplaatst om de boringen nabij de gracht toch te kunnen uitvoeren.

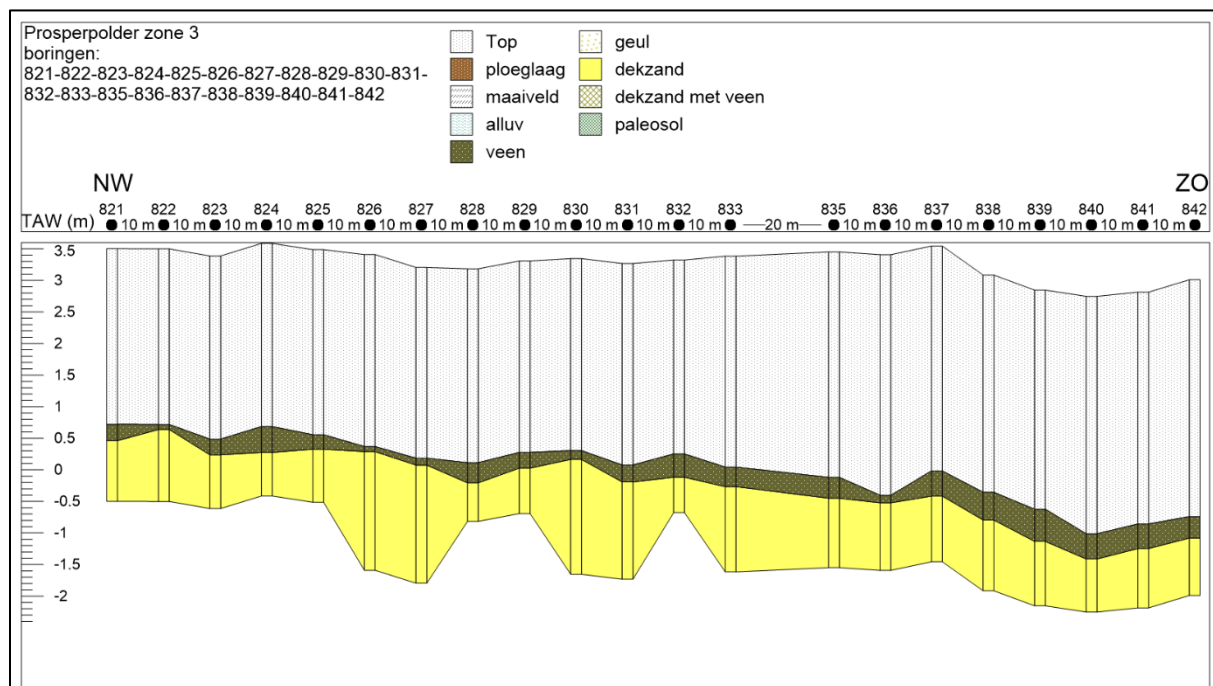


Fig. 6.24: Zone 3 - dwarsprofiel CS1

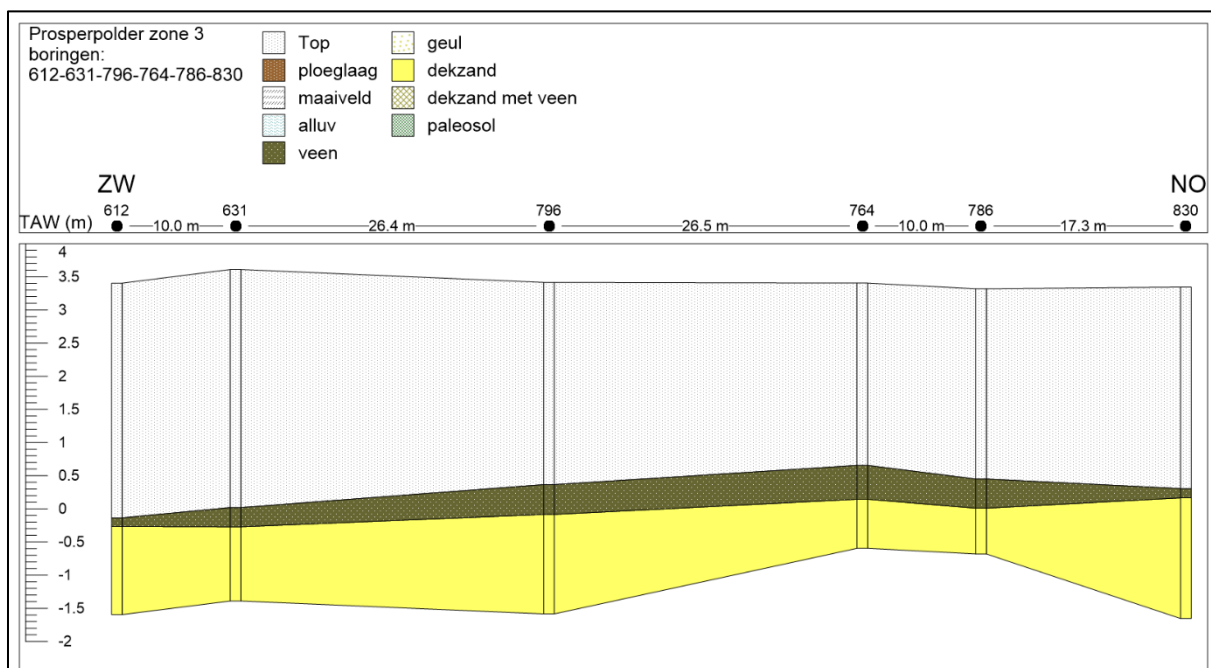


Fig. 6.25: Zone 3 - dwarsprofiel CS2

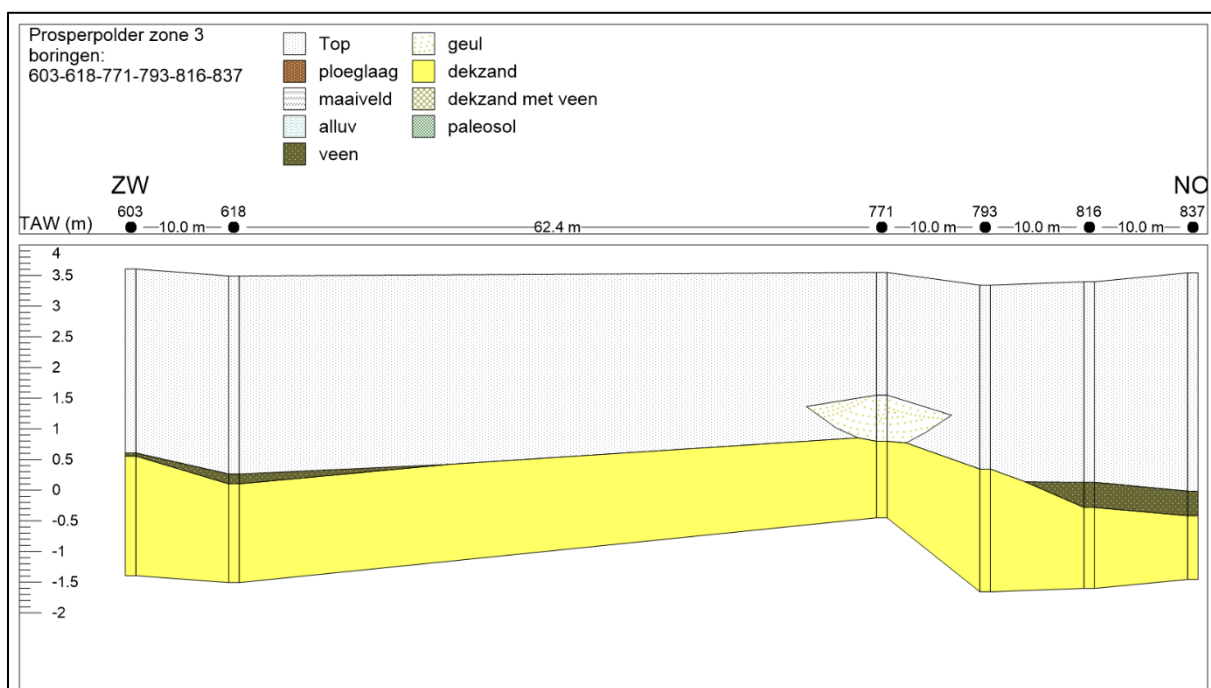
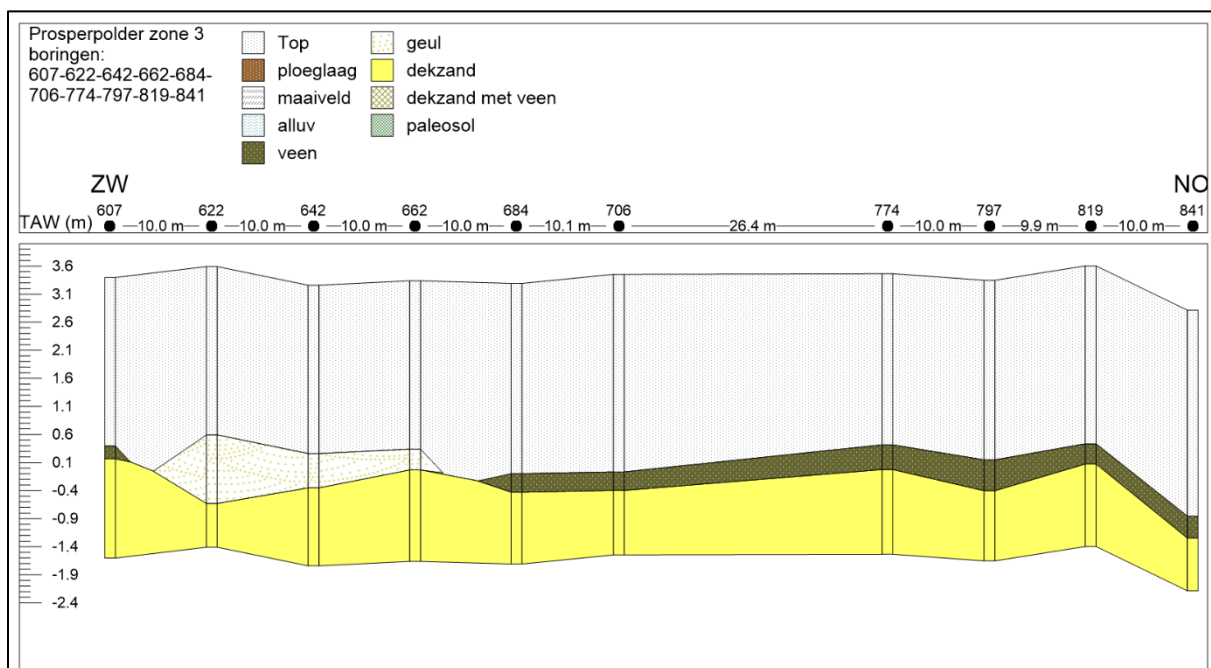


Fig. 6.26: Zone 3 - dwarsprofiel CS3



Figuur 6.27: Zone 3 - dwarsprofiel CS4

6.4 Conclusie

Op basis van de bodemopbouw zoals gekend uit het landschappelijke vooronderzoek werden vanwege de goed bewaarde, afgedekte dekzandbodems drie zones met hoog potentieel voor prehistorische archeologie afgebakend. Het archeologische booronderzoek bevestigde de goede bewaring van de dekzandbodem. Desondanks werden slechts in drie boringen binnen één van de drie zones eenduidige indicatoren voor archeologische aanwezigheid in de gezeefde monsters aangetroffen. Twee positieve boringen leverden telkens één vuurstenen artefact terwijl de derde boring zes stuks opleverde. Extra waarderende boringen in een verdicht grid rond de positieve boringen leverde enkel rond die laatste boring nog een positieve boring met een artefact op. De artefacten in deze boringen wijzen onmiskenbaar op menselijke aanwezigheid in de prehistorie op deze locatie.

6.5 Advies naar vervolgonderzoek

6.5.1 Toelichting

Om de voortgang van de werken te garanderen werd tijdens de werken een adviesnota afgeleverd telkens een zone was afgewerkt. Het deeladvies werd overgemaakt aan de opdrachtgever en het bevoegd gezag (Onroerend Erfgoed) zodat in de vrijgegeven zones reeds gestart kon worden met de inrichtingswerken. Onderstaand advies brengt deze deeladviezen samen zonder er inhoudelijk van af te wijken.

6.5.2 Advies naar archeologisch vervolgonderzoek in zone 1

In zone 1 werden drie monsters met archeologische indicatoren, allen bestaande uit vuursteenfragmenten, weerhouden. Het gaat om directe indicatoren, wat betekent dat ze onmiskenbaar van menselijke oorsprong zijn en op deze locatie sprake is van een archeologische

vindplaats. Ter hoogte van de positieve boorpunten is de bodem goed tot zeer goed bewaard en bovendien afgedekt met een dik pak sediment dat de vindplaats beschermd heeft voor latere destructie. Dit maakt dat de vindplaats behoudenswaardig is, hetzij *in situ* of *ex situ*. *Indien de laatste optie, bewaring ex situ, gekozen wordt, dan adviseren wij voor een gefaseerd vervolgonderzoek, bestaande uit een waarderend booronderzoek, een proefputtenonderzoek en, indien nodig, een opgraving.*

De aanvullende archeologische boringen in zone 1 leverden één bijkomende archeologische indicator op uit B. 571, nabij B.59 waaruit zes vuurstenen artefacten weerhouden werden. Het aantal artefacten en het feit dat twee boringen op 5 m afstand van elkaar positief zijn, wijst o.i. zonder twijfel op de aanwezigheid van een steentijdvindplaats. De aard van de aangetroffen artefacten (*chips, microchips* en een gebroken afslag) laten echter niet toe meer informatie te bekomen over de aard of de datering van de aangetroffen vindplaats. Gezien het geringe aantal artefacten kan vermoed worden dat het om een eerder kleine vondstenconcentratie gaat, wat vaak overeenkomt met een korte occupatie. Vanuit archeologisch standpunt is dit zeer interessant en waardevol, omdat langdurig en/of veelvuldig bezochte vindplaatsen vaak zgn. palimpsesten gaan vormen waar verschillende occupaties deels of volledig op elkaar komen te liggen. De positieve boringen liggen echter aan de rand van het onderzoeksgebied, zodat over een mogelijke zuidelijke uitbreiding van de site eveneens geen verdere informatie beschikbaar is.

Ter hoogte van deze positieve boorpunten is de bodem goed tot zeer goed bewaard en bovendien afgedekt met een dik pak sediment dat de vindplaats beschermd heeft voor latere destructie. Dit maakt dat de vindplaats behoudenswaardig is, hetzij *in situ* of *ex situ*. Indien de laatste optie, bewaring *ex situ*, gekozen wordt, dan adviseren wij een gefaseerd vervolgonderzoek, bestaande uit een proefputtenonderzoek en, indien hieruit noodzakelijk blijkt, een opgraving.

Vanwege de locatie van de positieve boringen aan de rand van de realiseren vijver en de hoge kosten die met een steentijdopgraving gepaard gaan, lijkt ons de conservering *in situ* van de vindplaats door een aanpassing van de contouren van de vijver een betere optie. Indien voor deze optie wordt gekozen, dan dient gegarandeerd te worden dat binnen de geplande inrichtingswerken een perimeter van minstens 15 m rond de positieve boorpunten gevrijwaard blijft van destructie of erosie (fig.6.28, lichtblauwe cirkel). Daarbuiten mag, daar de aanwezigheid van archeologische vindplaatsen daar niet kon getoetst worden, de bodem zonder voorafgaand archeologisch onderzoek niet gestoord worden.

Rond de overige twee positieve boringen, B.99 en B.302 werd geen extra archeologische informatie verzameld. Hoewel de aanwezigheid van een site hier niet volledig uitgesloten kon worden, kan ze ook niet onomstotelijk bewezen worden. Vanwege het geringe aantal indicatoren adviseren wij om op deze locatie geen verdere archeologische stappen te ondernemen.

Figuur 6.28 geeft in lichtgeel aan welke percelen ter hoogte van zone 1 volgens dit en voorgaand advies archeologisch kunnen vrijgegeven worden, mits de garantie dat de zone, aangeduid door middel van een blauwe cirkel, wordt gevrijwaard van graafwerken of andere verstoring en dat ze wordt beschermd tegen erosie.

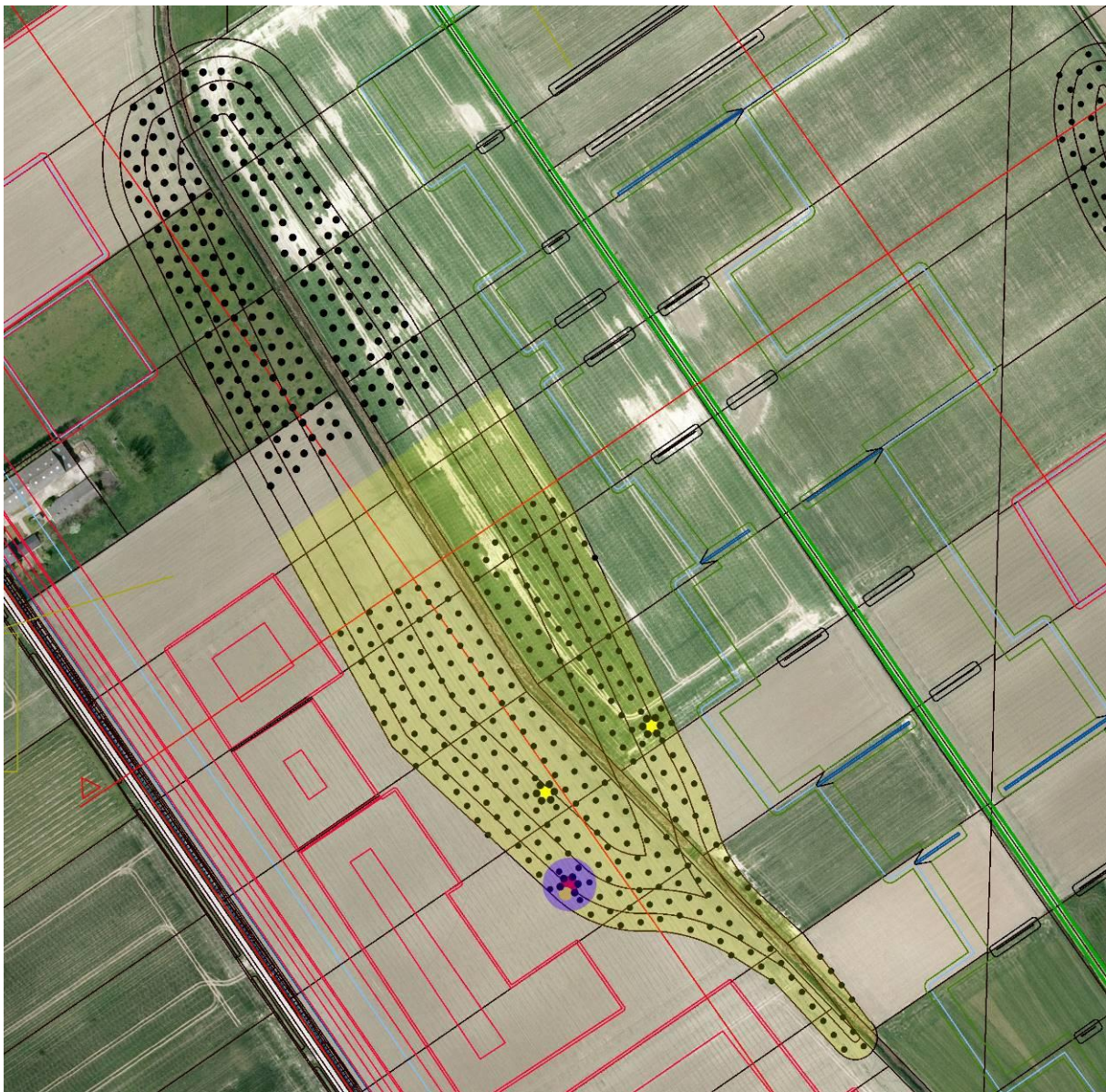


Fig. 6.28 : advies

6.5.3 Advies naar archeologisch vervolgonderzoek in zone 2 en zone 3

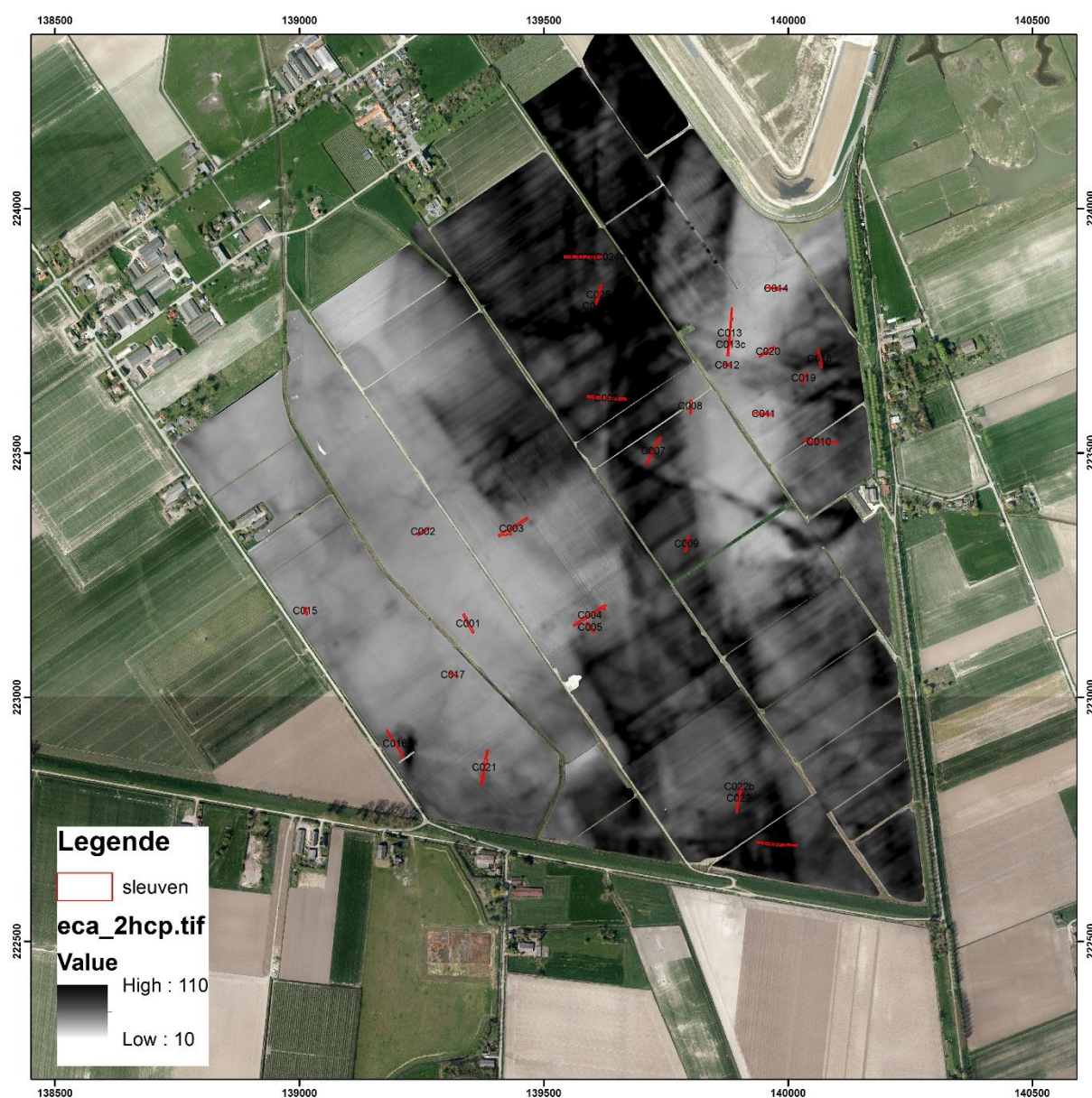
De archeologische boringen in zowel zone 2 als zone 3 leverden geen archeologische indicatoren op. Het ontbreken van archeologische indicatoren in de boringen in deze zone staat niet noodzakelijk gelijk aan de gehele afwezigheid van vindplaatsen. De aard van het uitgevoerde prospectieve onderzoek, nl. het relatieve dichte grid in combinatie met het grote monstervolume, het zorgvuldig en fijnmazig nat zeven en het nauwgezet uitzoeken van het gedroogde residu, toont echter aan dat de kans op aanwezigheid laag tot zeer is. Wij zijn daarom van mening dat verder archeologisch onderzoek van het dekzandniveau binnen zones 2 en 3 niet noodzakelijk is.

7 Controlesleuvenonderzoek

7.1 Algemeen

Het geofysisch onderzoek leverde verscheidene anomalieën op die door middel van gerichte sleuven gecontroleerd werden.

Het veldwerk vond plaats op 26 t.e.m. 29 januari 2016 en op 2 en 3 maart 2016. De 2 tot 4 m brede proefsleuven werden aangelegd daar waar bij het geofysisch onderzoek anomalieën in de ondergrond werden aangetroffen. De graafwerken gebeurden met een graafkraan (± 15 ton) op rupsbanden met een platte bak. De diepte van deze putten varieerde tussen ca. 100 en 200 centimeter onder het maaiveld, afhankelijk van de plaatselijke profielopbouw. Twee factoren speelden een rol bij de bepaling van de relevante sleufdiepte nl. het niveau van de top van de laatste overstromingsfasen en de leesbaarheid van eventuele archeologische sporen op het aanlegvlak.



Figuur 7.1 – Overzichtsplan ligging controlesleuven t.o.v. van de EMI-resultaten (2hcp).

25 proefsleuven werden uitgezet. Alle sporen, profielen en vondsten werden op het veld aangeduid en ingetekend op sleuffiches op schaal 1/200. De ligging van de sporen werden ingemeten met gps. De sporen werden manueel opgeschaafd en gefotografeerd. In elke sleuf werden profielen aangelegd, bestudeerd, en fotografisch geregistreerd. De beschrijving van de sporen, de profielen en de vondsten gebeurde op tablet PC.

De verwerking van de opgravingsgegevens betreft de beschrijving in lijsten van sleuven, profielen en sporen. De veldfoto's werden per proefput geordend en genummerd. Deze lijsten werden vervolgens gekoppeld aan de ruimtelijke data in ArcGis.

7.2 De aanwezigheid van archeologische indicatoren

7.2.1 Algemeen

Het proefsleuvenonderzoek leverde 61 archeologische sporen die voornamelijk op basis van cartografische gegevens en stratigrafische relaties tot de middeleeuwse periode worden gerekend. Een groot deel van deze antropogene sporen ontstonden hoogstwaarschijnlijk in de late middeleeuwen en de Nieuwe tijden. Naast enkele kuilen en natuurlijke verstoringen zijn deze sporen algemeen onder te verdelen in gracht- (n=23) en dijkstructuren (n=13). Een 23-tal sporen worden als natuurlijke geulen beschouwd.

Gezien het beperkt aantal sporen en de verspreiding hiervan over de verschillende sleuven heen, worden de sporen hieronder niet per sleuf, maar per datering/fase en per sporencategorie besproken.

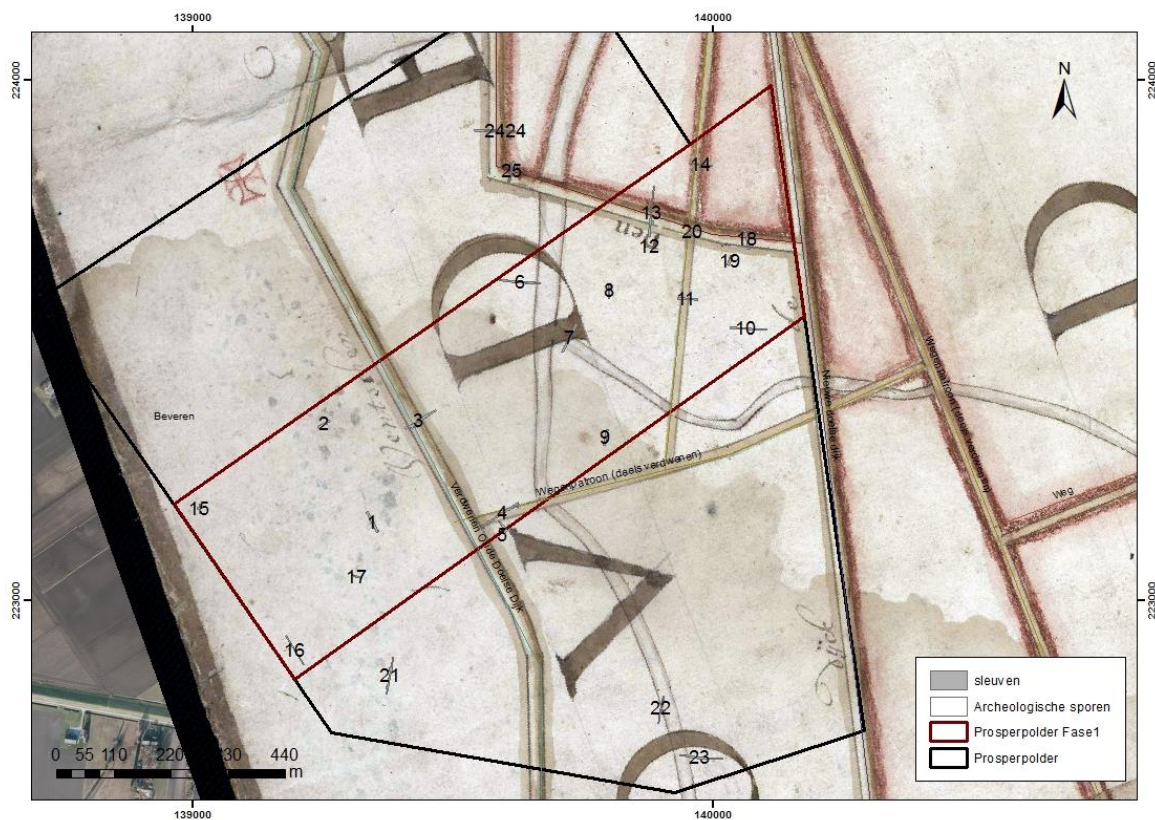
7.2.2 Fase 1 – De slijkkoop. Het projectgebied ingedijkt door de oude Doeldijk en de Luysdijk

De omgeving van het projectgebied was ingericht met verscheidene grootschalige dijkstructuren die door middel van opgehoogde wegen met elkaar verbonden waren. Figuur 7.2 geeft de projectie weer van een historische kaart uit 1576 waarbij de ligging en de oriëntatie van deze grootschalige structuren worden weergegeven

Ook tijdens het geofysische onderzoek werden verscheidene anomalieën opgetekend die met deze structuren zouden overeenkomen. Ook de bijhorende percelering uit deze periode werd door middel van geofysisch onderzoek gedetecteerd. In functie daarvan werden verschillende sleuven uitgezet om deze anomalieën vervolgens te controleren.

- De oude Doeldijk: SL3
- De Luysdijk: SL13, 18, 19 en 24 (misschien 20, nog nakijken)
- Een (natuurlijke?) grote geul: SL 6,7 en 23
- Oude dijken: SL 4, 11, 14 en 24
- 16^e- 17^e eeuwse percelering en wegenis : SL 10, 11 12, 13, 14, 20

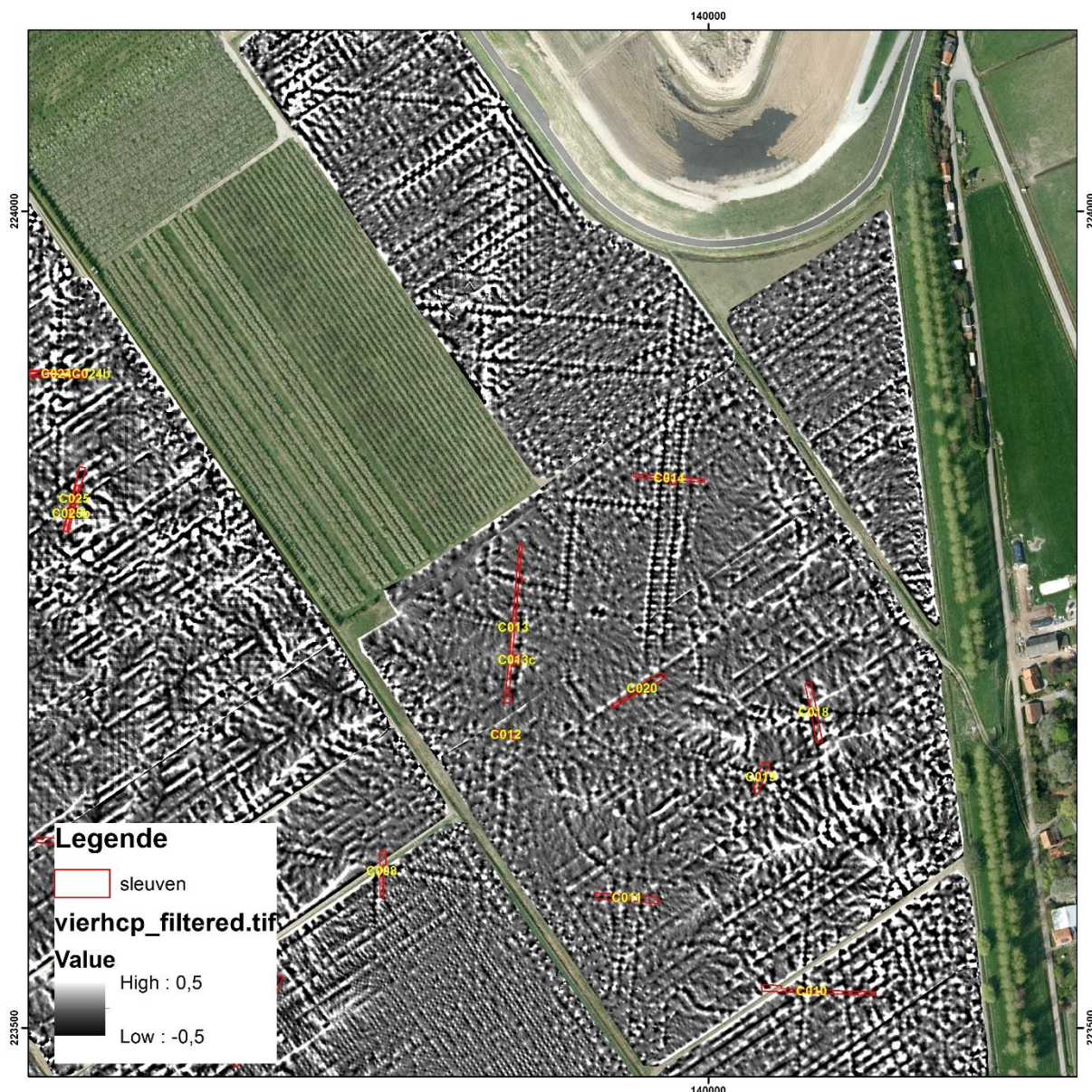
Binnen deze sleuven werden in totaal 23 sporen opgetekend die we aan deze structuren konden linken.



Figuur 7.2 ARA_kaartenenplans II_8623 (1567) – kleinschalig.



Figuur 7.3 ARA_kaartenenplans II_8623 (1567) – grootschalig.



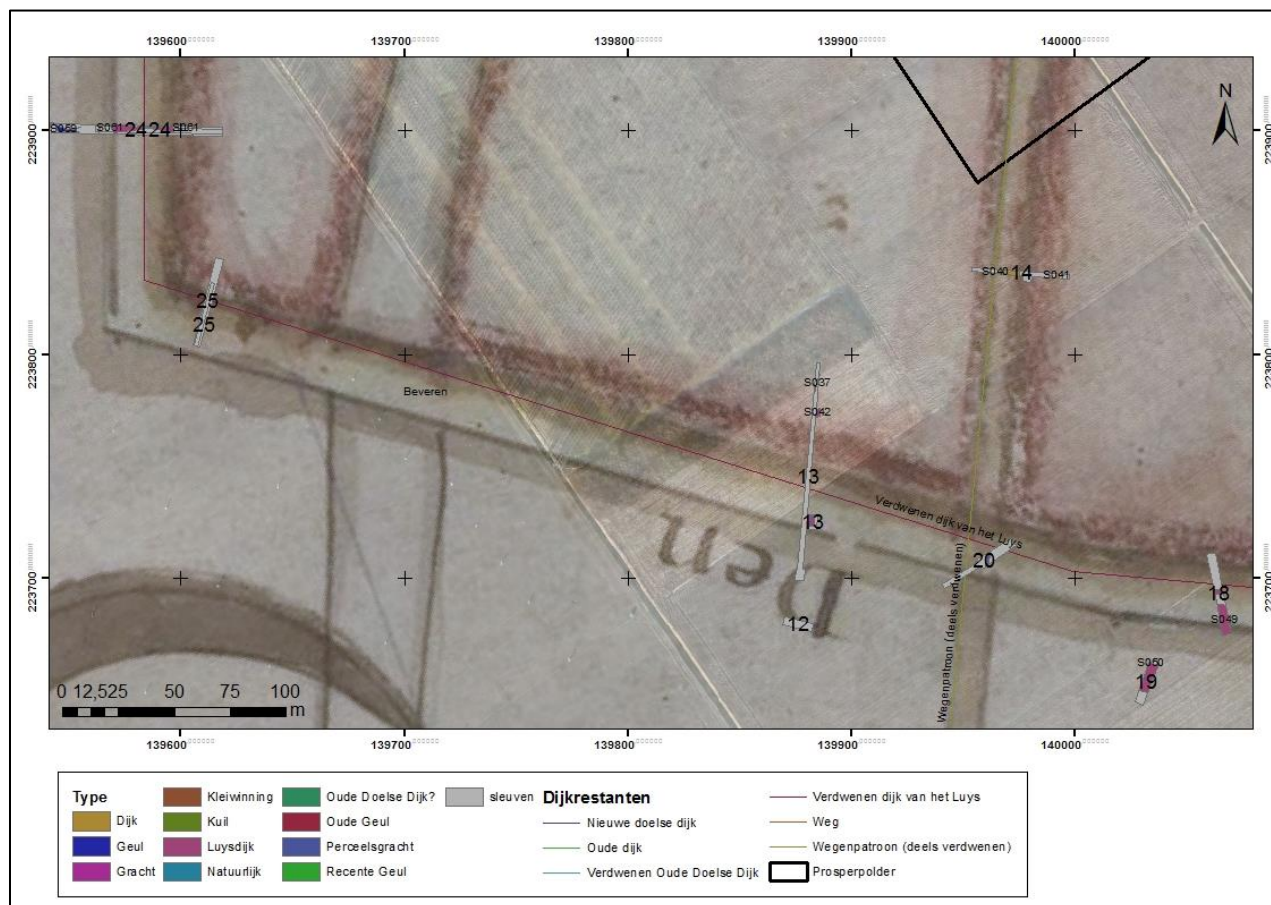
Figuur 7.4 noordoostelijke hoek van het projectgebied met weergave van de uitgezette controlesleuven t.o.v. 4hcp-filter EMI-resultaten. De postmiddeleeuwse percelering komt duidelijk naar voor en ook het wegpatroon aangesneden in SL 11, 14 en 20 is duidelijk afleesbaar.

Percelering en wegenis

In onder meer sleuven 10, 11, 12, 13, 14 werd de aanwezigheid van een 16^e of 17^e eeuwse perceleringssysteem gedetecteerd door middel van het EMI-onderzoek. Een systeem van min of meer noord-zuid en oost-west georiënteerde grachten en greppels kwam aan het licht. Het wegpatroon komt ook duidelijk aan het licht op basis van de EMI. Het tracé komt ook overeen met de data uit het historisch-cartografisch onderzoek uitgevoerd door Iason Jongepier. In enkele van de sleuven werd de aanwezigheid van deze grachten en greppels bevestigd. Enkel de omstandigheden maakten het moeilijk om veel informatie te verzamelen omtrent deze sporen. Ze werden immers pas zichtbaar op ca. 1,8 à 2m diepte ten opzichte van het maaiveld. In het vlak leken deze grachten op verwilde grachten, vermoedelijk doordat bij overstromingen het zeewater eerst via deze grachten haar weg vond in het binnenland.

De Luysdijk: S42, 43, 48, 49, 50 en 61

Volgens de historische bronnen werd de Luysdijk tot tweemaal toe in de geschiedenis opgetrokken. De eerste dijkfase vond plaats in 1567 die naar aanleiding van de slijkkoop werd aangelegd. Deze lineaire structuur kende een noord zuidelijk verloop, om vervolgens met een relatief scherpe hoek in zuidoostelijke richting af te draaien. Vanaf de 16^e eeuwse inundatiefase geraakte deze dijk vervolgens in onbruik. De kans is groot dat de structuur eerder door de overstromingsimpact geërodeerd geraakte, dan wel door menselijk toedoen werd afgebroken. In 1650 werd vervolgens de tweede dijkfase naar aanleiding van het twaalfjarig bestand opgebouwd. Volgens de historische bronnen zou deze laatste dijk omstreeks 1715 vergaan zijn in het landschap.



Figuur 7.5 Ligging SL24, 25, 13, 18 en 19 met archeologische sporen, geprojecteerd op de ARA, Kaarten & Plans II, 8623 (1567).

De Luysdijk liet zich moeilijk herkennen op het archeologisch vlak. In SL13 werden de eerste aflijningen (S42 en 43) tot op een diepte van ca. 1,60 m onder het maaiveld aangetroffen. Deze sporen bestonden uit blauwgroen, gereduceerd klei waarbij in de top van de laag af en toe scherpe aflijningen zichtbaar waren (S43). Het spoor werd vervolgens bedekt door een ca. 10 cm dik lichtbruin overstromingspakket, gevolgd door een donkerbruin homogeen overstromingspakket en een schelpenlaag. Vanwege de hoge grondwatertafel, en met als gevolg het gevaar voor inkalven van de sleuf, kon de volledige breedte, als de onderkant van de constructie niet worden blootgelegd. Het blijft dus onduidelijk of deze sporen de bovenkant van de eerste dijkfase voorstellen, dan wel enkele constructies weergeven die met de tweede dijkfase te maken hebben. Indien het om gewone grachten zou gaan, dan ontstaat bijgevolg ook de vraag of de vulling hiervan misschien diende voor de aanleg van één van de dijkconstructies (figuren 7.6 en 7.7).

Aanwijzingen voor constructiegrachten van de Luysdijk, vinden we misschien ook ter hoogte SL18, waarbij S48 en 49 scherp afgelijnde, lineaire structuren weergeven (figuur 7.8).



Figuur 7.6 en 7.7 Veldopname S42 en 43 uit SL13.



Figuur 7.8.: Veldopname S48 uit SL18. Links= diepte ca.1,60 onder het maaiveld; rechts=diepte ca. 2,1 onder het maaiveld.

Spoor 50 geeft op zijn beurt mogelijkwerwijs de restanten van de eigenlijke dijkstructuur weer, maar ook hier geven de archeologische restanten weinig duidelijkheid over de bouwwijze. Het betreft hier eveneens een blauwgroen, gereduceerd pakket waarvan de top op een diepte van ca. 1,50 m onder het maaiveld werd aangesneden. Op verschillende hoogtes en voornamelijk bovenaan werden dunne veenlaagjes geregistreerd. De zogenaamde dijkconstructie liep in noordelijke richting schuin af, en wordt vervolgens oversneden door een recentere gracht met een kleiige vulling (S51). Of deze gracht in relatie kan worden gebracht met een oude perceelstructuur, of met een eerste/tweede dijkfase blijft eveneens onduidelijk.



Figuur 7.9 en 7.10 : Veldopname S50 en 51 uit SL19.



Figuur 7.11 en 7.12 : Veldopname S50 (links) en 51 (rechts) uit SL19.

Ten slotte vermelden we spoor S61 en S62, uit respectievelijk sleuven SL24 en 25. Deze sporen werden voornamelijk op basis van de vulling, en het schuin oplopende profiel als de top van een dijkstructuur omschreven. Ook in deze sleuven belemmerde het hoge grondwaterpeil om de onderkant van deze structuren te bereiken. Duidelijk was dat de top van de schelpenlaag tot ca. 0,2 m hoger lag dan aangrenzende zones.



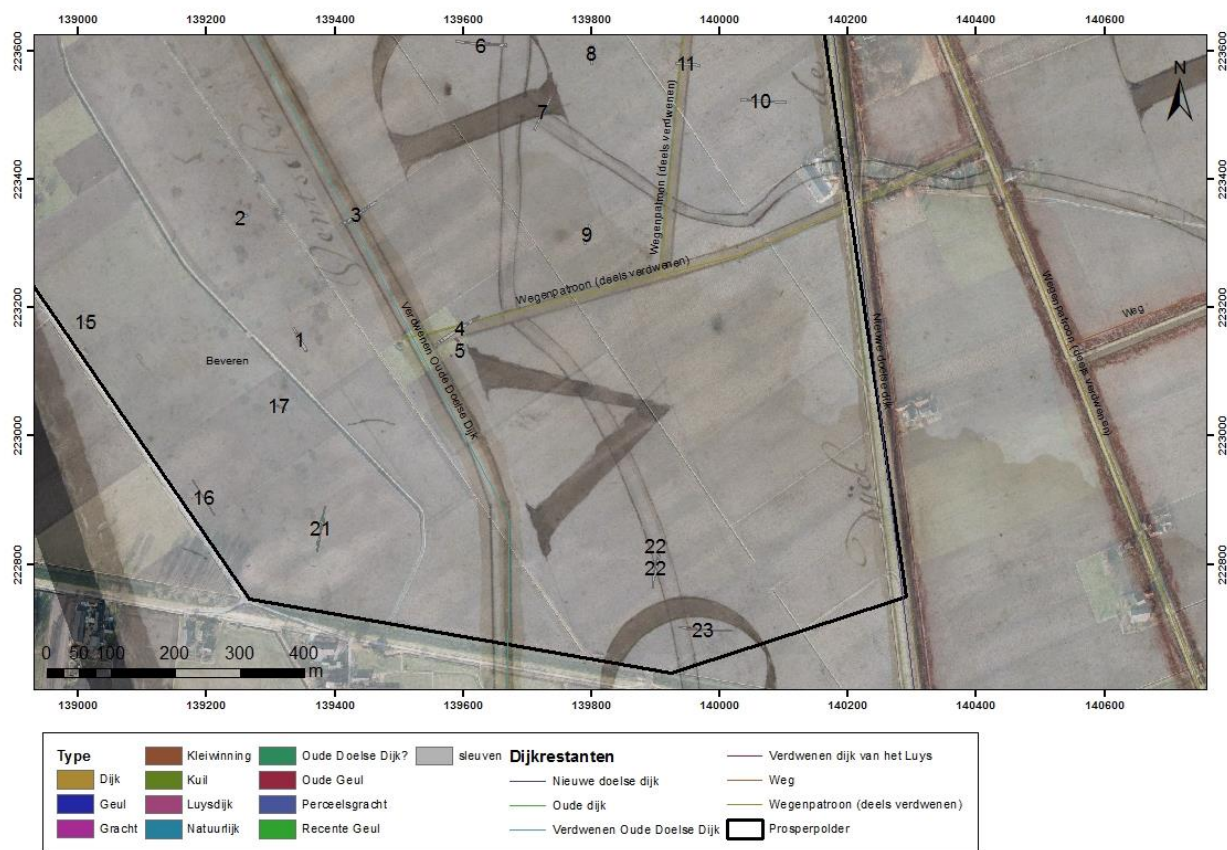
Figuur 7.13 en 7.14 : Veldopname S61-SL24 (links) en 62-SL25 (rechts).

Oude Geul: S27, 28, 29, 30, 32, 33 en 58

Verspreid over het onderzoeksgebied zijn verscheidene sporen waargenomen die hoogstwaarschijnlijk in verband moeten worden gebracht met de oude geulstructuur. Op basis van de historische kaarten blijft het echter moeilijk om de exacte datering op het ontstaan van deze structuren te plakken. Daarenboven kan men er ook vanuit gaan dat deze sporen na een eerste uitgraving/uitschuren deels werden herlegd, waardoor zij over enkele periodes een zekere uitbreiding kenden. De oude geul troffen we aan ter hoogte sleuven SL 6, 7, 23. De sporen kenmerken zich door een bruinigrijze kleiige laag met schelpen. De structuur bevat een scherpe aflijning die vanaf 0,7 m onder het maaiveld werd aangesneden.



Figuur 7.15 en 7.16 : Veldopname S27-28-SL6 (links) en 29-SL6 (rechts).



Figuur 7.17: ligging SL6, 7 en 23 met archeologische sporen, geprojecteerd op de ARA, Kaarten & Plans II, 8623 (1567).

Oude dijken: S21, 22, 23, 26, 40, 41 en 60

Tijdens het proefsleuvenonderzoek werden een aantal sporen aangetroffen die op basis van vergelijking met historische kaarten tot oude wegen in verband kunnen worden gebracht. Het gaat hierbij om ca. 2 tot 3 m brede sporen, met scherp afgelijnde lichtbruine, zandlemige pakketten, die onderaan een U-vormig profiel weergeven. Verder onderzoek moet uitsluiten of deze structuren wel degelijk het gevolg zijn van wegenbouw tijdens de nieuwe tijden.

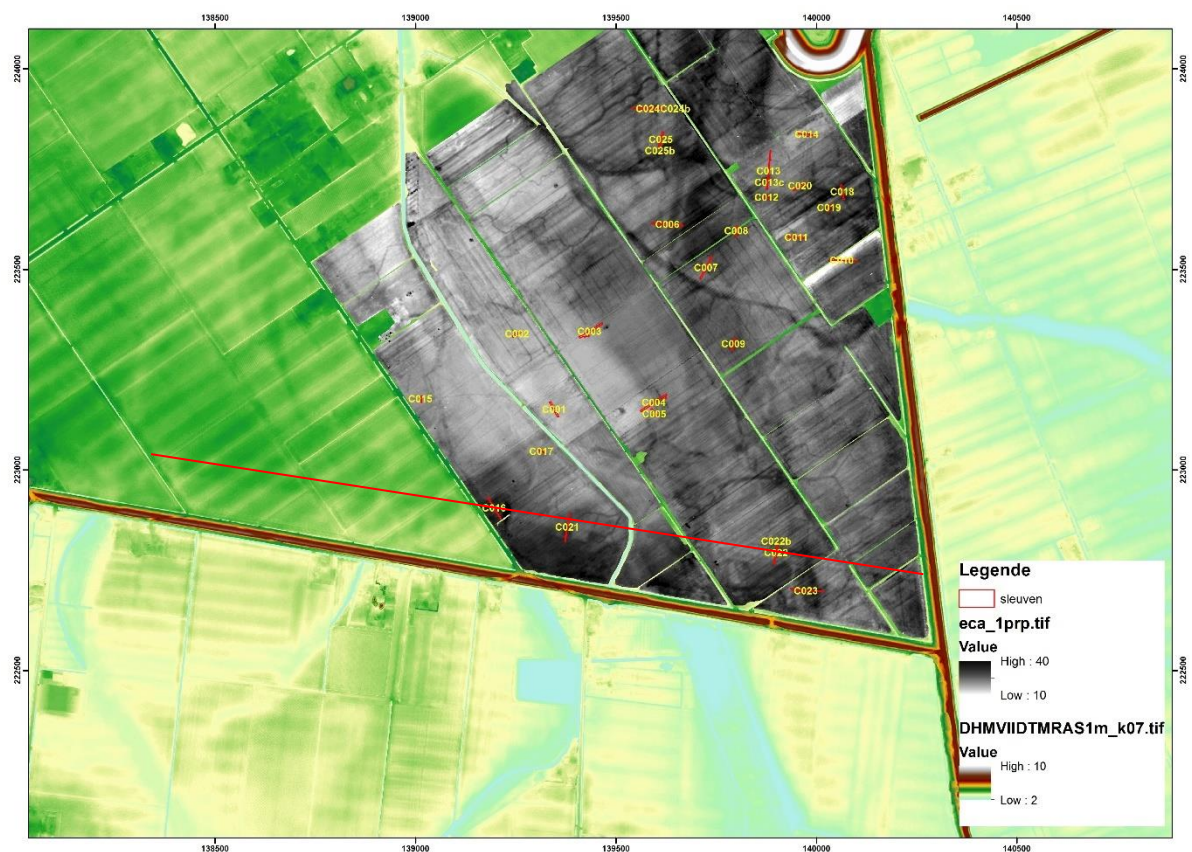
7.2.3 Fase 4 – Nieuw Arenbergpolder (1784) en het krekensbestand ter hoogte van Prosperpolder

- Dijkwerken Nieuw Arenbergpolder: SL21 en 22
- °Natuurlijke geulen: SL21 en 23

Aanleg van de Nieuw Arenbergpolder

Ter hoogte sleuven SL21 en 22 werden sporen aangetroffen die in verband kunnen worden gebracht met de aanleg van de Nieuw Arenbergpolder. Ter hoogte SL 21 gaat het waarschijnlijk om een kleiwinningssput (S55) bestaande uit een grijsgekleurde scherp afgelijnde opvallend zandlemige vulling. Dit spoor werd pas vanaf 1,1 m diepte onder het maaiveld aangetroffen en kon tot over een lengte van 12 m gevolg worden. Net ten zuiden hiervan bevond zich spoor S56 die zich dankzij zijn kleiige vulling duidelijk liet aflijnen. De werken voor de dijk van de Nieuw Arenbergpolder vonden plaats omstreeks 1783-1784 waarbij de gang van zaken werden afgebeeld op een uniek schilderij met een duidelijke illustratie van de inpolderingswerken. Zoals deze afbeelding laat zien bevonden de winningsputten zich net ten noorden van de dijk, ter hoogte van de Prosperpolder. Op basis van de

historische gegevens lijkt het dus aannemelijk dat zowel sporen S55 als 56 mee tot deze dijkwerken kunnen behoren.



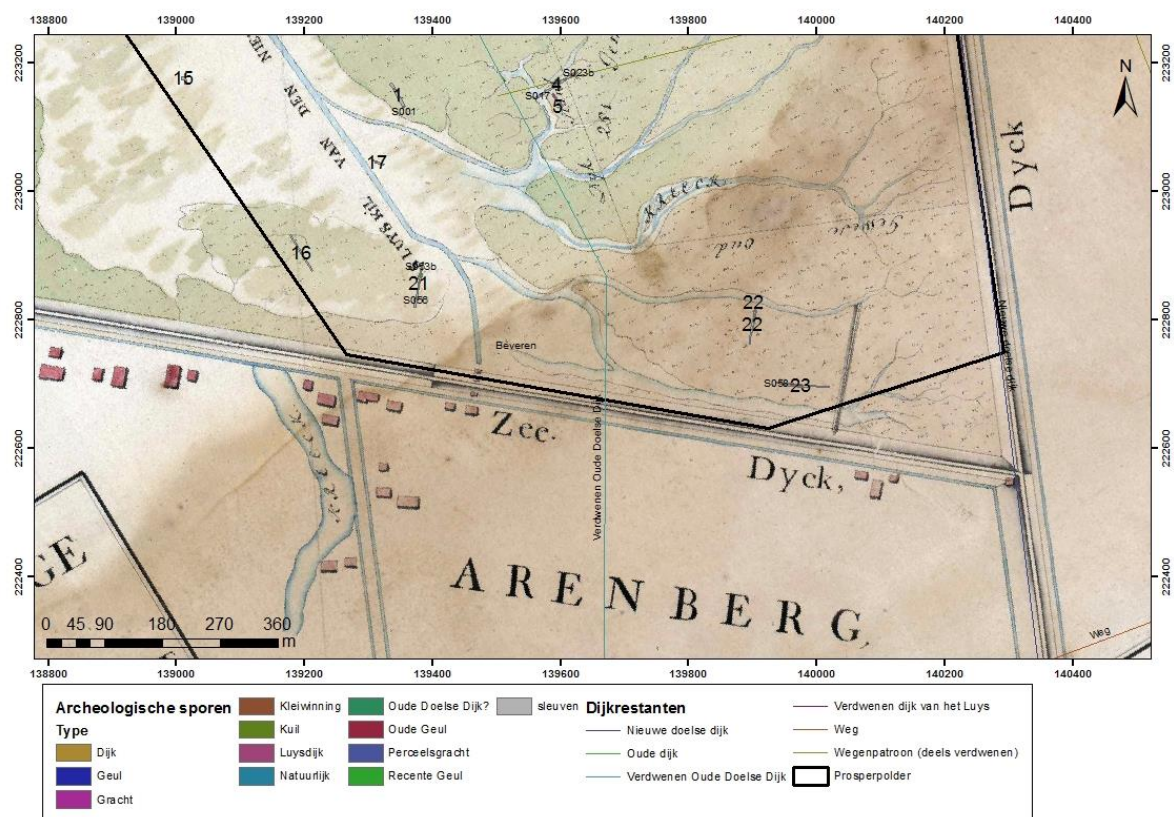
Figuur 7.18 : 1prp-EMI-resultaat met projectie van de sleuven en DHM VII op achtergrond; het tracé van de constructiedijk van de Nieuw Arenbergpolder (rode lijn) is duidelijk op het DHM en ook op de EMI-beelden.



Figuur 7.19 Veldopname S55 SL21.



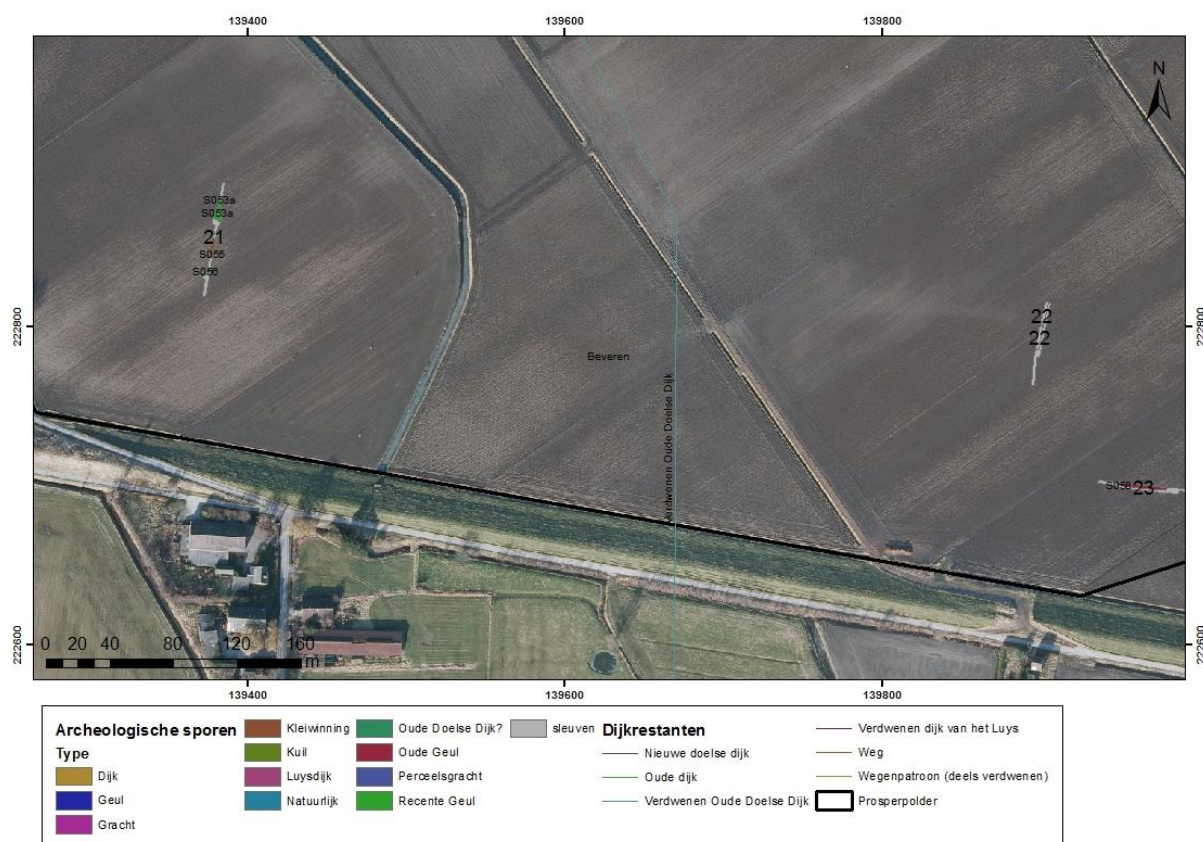
Figuur 7.20 – De inpoldering van de Nieuw-Arenbergpolder door Bernard Auguste Ridderbosch (?), 1785 (Edingen, Arenberg Archief en Cultuurcentrum).



Figuur 7.21 - ligging SL21, 22 met archeologische sporen, geprojecteerd op de ARA, Kaarten & Plans II, 8554 (1816).

Krekensysteem na de aanleg van de Nieuw Arenbergpolder

Nadat de bedijkingswerken van de Nieuw Arenbergpolder waren afgerond, ontstond er binnen de Prosperpolder opnieuw een overstromingsfase waarin zich een krekbestand kon ontwikkelen. Op basis van de historische kaart uit 1816 kunnen we onder meer S54 (SL21) en S57 (SL22) aan deze fase linken. Opvallend is dat deze sporen niet alleen op de geofysische resultaten staan weergegeven, maar ook op de hedendaagse orthofoto's, waar deze geulen als anomalieën in de huidige vegetatie duidelijk nog steeds worden afgebeeld.



Figuur 7.22: ligging SL21, 22 met archeologische sporen, met de hedendaagse vegetatie.

7.2.4 Fase 5 – Prosperpolder

- Recente perceelgreppels: SL1, 3, 4, 13, 24
- Natuurlijke sporen, opvulling microreliëf: SL

Verscheidene perceelstructuren (o.a. S1, 5, 17, 18) werden net onder het huidige maaiveld aangesneden en bevatten veelal een lichtbruin tot donkerbruine scherpe aflijning. Het merendeel van deze sporen zijn met de oudere of hedendaagse oriëntatie van de perceelstructuren in relatie te brengen.

7.3 Advies naar vervolgonderzoek op basis van het controlesleuvenonderzoek

Binnen het projectgebied werd door middel van eerder uitgevoerd historisch-cartografisch onderzoek (o.a. Soens et al 2012), het binnen deze opdracht uitgevoerde EMI-onderzoek en de daaropvolgende controlesleuvenonderzoek aangetoond dat binnen het gebied sporen en structuren aanwezig zijn die minstens terug gaan tot minstens de 16de eeuw. Het gaat onder meer om dijken, wegen en perceelsstructuren. Enkele van die sporen werden aangesneden in de sleuven, maar deze bleken bedekt te zijn door ca. 1,5 à 2m getijdsedimenten. Gezien deze diepte en de beperkte diepteverstoringen in kader van de natuurinrichting wordt dan ook geen verder onderzoek geadviseerd, gezien er kan gepleit worden voor een bewaring in situ. Enkel

ter hoogte van de te graven geulen/waterpartijen zou het risico bestaan dat eventuele structuren aangetast worden.

Echter ter hoogte van de westelijke geul (tegen Petrusstraat aan) bevond zich in de 19de eeuw een inbraakgeul die alles tot net boven het prehistorisch oppervlak heeft weg geërodeerd.

De oostelijke te graven geul/waterpartij ligt voor 2/3e binnen het tracé van een inbraakgeul die nog zichtbaar was op eind 16de eeuwse kaarten. In het ander derde zijn op de EMI-beelden geen sporen of structuren waar te nemen op recentere inbraakgeulen na. Mogelijke vondsten die mogelijk kunnen gedaan worden bij het graven van de waterpartij zijn scheepswrakken die zich in de oude geul zouden bevinden. Een monitoring van die graafwerken en/of het meegeven van richtlijnen/policy (hoe omgaan met archeologische toevalsvondsten) aan de uitvoerders van die werken lijkt ons aangewezen voor dergelijke type toevalsvondsten. Op de EMI-beelden zijn echter geen sporen aanwezig van mogelijk vondsten van die aard, waardoor we de kans eerder klein, maar dus niet onbestaande achten daartoe.

8 Conclusie en advies

8.1 Samenvatting

Door middel van een gefaseerd onderzoek door middel van geofysische survey, elektrische sonderingen en mechanische validatieboringen werd het Prosperpolder-Zuid-gebied dat ca. 170 ha groot is paleolandschappelijk en archeologisch onderzocht. Dit onderzoek werd gevolgd door een archeologisch booronderzoek in de zones waar diepe verstoringen gepland waren omdat op basis van het EMI-onderzoek en de elektrische sonderingen bleek dat het prehistorisch niveau bewaard was gebleven en zich op het TAW-niveau bevond dat in de buurt lag van de diepte van de geplande graafwerken voor de aanleg van de waterpartijen. 733 archeologisch boringen werden uitgevoerd. Daarvan zijn er 3 positief op prehistorische artefacten.

Het EMI- en het controlesleuvenonderzoek toonden de aanwezigheid aan van diverse postmiddeleeuwse sporen en structuren, die vooral in relatie kunnen gebracht worden met verschillende fases van bedijking, inpoldering, in cultuurname en overstroming van het gebied. Deze sporen en structuren bevinden zich echter al op aanzienlijke diepte ten opzichte van het maaiveld (ca. 1,5 à 2 m), terwijl de geplande werken over het algemeen slechts 0,5 m diep gaan.

8.2 Advies

8.2.1 Advies in functie van ondiepe ingrepen natuurinrichting

Gelet op de diepte (ca. 1,5 à 2 m t.o.v. maaiveld) van de relevante archeologische sporen en structuren uit de laat-, postmiddeleeuwse periode en nieuwe tijden en de ondiepe geplande verstoringen lijkt ons geen vervolgonderzoek noodzakelijk binnen de 170 ha zolang de inrichtingsplannen niet wijzigen. Indien in een verdere toekomst alsnog extra diepe ingrepen zouden gepland staan, dient de impact daarvan eerst getoetst te worden aan de verzamelde informatie voor het gebied.

8.2.2 Advies in functie van diepe ingrepen natuurinrichting

Er worden op het terrein twee grote waterpartijen gegraven. Op hun diepste punt bereiken deze geulen een niveau van 0,00 m TAW. Hiermee komen ze in of net boven het prehistorisch niveau uit. Het uitgevoerde archeologisch booronderzoek in Fase 1 en 2 van het gebied wees op steentijdartefacten in 4 van 733 boorpunten. Allen bevinden deze zich in de meest westelijke te graven geul. Twee positieve boorpunten bevinden zich in een strook waar volgens de ons beschikbare plannen zal gegraven worden tot +1 of +2 m TAW. Het derde bevindt zich in de strook waar tot op 0 m TAW wordt gegraven. Het archeologische steentijdniveau bevindt er zich vanaf 0 m TAW.

Uiteindelijk werd geadviseerd om ter hoogte van deze positieve locaties de inrichtingsplannen aan te passen en minder diep of niet uit te graven. Deze optie werd door het Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen verkozen na verdere evaluatie door middel van archeologische boringen in een 5x5m grid. Eén van die 18 Bijkomende boringen leverde nog een indicator op, waardoor enigszins met zekerheid kan gesteld worden dat er zich een vindplaats bevindt. Er wordt dus gekozen voor een *in situ*-bewaring van deze steentijdvindplaats.

In de oostelijke te graven geul werden in de zone waar potentieel was voor steentijdbewoning geen indicatoren daartoe aangetroffen in de gezette boringen. De rest van die geul bevindt zich in het traject van een oude (minstens 16^{de} eeuwse) geul. Op toevalsvondsten van bv. een boot of dergelijke na lijkt het potentieel voor die stroken eerder laag te zijn. Die zone kan ons inziens vrij gegeven worden voor de graafwerken. Het lijkt ons wel aangewezen om die graafwerken te monitoren of om de uitvoerders instructies te geven wat de procedure is bij bv. een toevalsvondst van een boot.

9 Bibliografie

Augustyn B. 1977, Bijdrage tot het ontstaan en de vroegste geschiedenis van de Wase Polders van de oudste tijden tot circa 1400. Annalen van de Koninklijke oudheidkundige kring van het Land van Waas, 80, pp. 5-136.

Augustyn N., 1985, De turfwinnersdorpen Kieldrecht en Verrebroek in 1394: twee stadia in de evolutie van een proto-industriële naar een agrarische produktiewijze. Annalen van de Koninklijke oudheidkundige kring van het Land van Waas, 88, pp. 241-256.

De Bock H. & De Meireleir M. 2005, steentijdvondsten in het Waasland. De prospectieverzamelingen van H. De Bock en M. De Meireleir, VOBV-info, 61, pp. 4-14.

De Kraker A.M. 2004, Reconstructie van het stroomgebied van de Westerschelde tussen 1550 en 2000 aan de hand van kaarten en bedijkingsgeschiedenis. Amsterdam, VU, Institute for Geo- and Bio-archaeology.

Gottschalk M.K.E. 1984, De Vier Ambachten en het land van Saaftinghe in de middeleeuwen: een historisch-geografisch onderzoek betreffende Oost Zeeuws-Vlaanderen c.a., Assen, van Gorcum.

Guns P. 2008, Historische evolutie van het polderlandschap langs de linker Schedeoever, Waterbouwkundig Laboratorium

Keller, G. V., Frischknecht, F., 1966. Electrical Methods in Geophysical Prospecting, Pergamon Press, Oxford.

Soens, T., et al., 2012. Ruraal erfgoed Linkeroever, Onderzoek naar het ruraal erfgoed in de Wase polders, Deel I: Landschapshistorisch en archeologisch onderzoek. Typologie van het agrarisch erfgoed. P002934-51-016 Eindrapport deel I.

Reynolds, J.M., 1997. An introduction to applied and environmental geophysics, Wiley & Sons, New York.

Van Braeckel A., Piesschaert F, Van Den Bergh E., 2006, Historische analyse van de Zeeschelde en haar getijgebonden zijrivieren 19de eeuw tot heden, Brussel, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.

Van Gerven R. 1977, De Scheldepolders van de Linkeroever (Land van Waas en land van Beveren) ; bijdrage tot de geschiedenis van natuur, land, volk, Beveren.

Wauters E., Soens T., Sergeant J., Jongepier I., Masure H., Cruz F., Laloo P., Noens G., Lombaert L., Mikkelsen J. 2012, Ruraal Erfgoed Linkeroever. Onderzoek naar het ruraal erfgoed in de Wase polders, 3 delen.

Wolters M.J. 1869, Recueil de lois, arrêtés, règlements, etc. concernant l'administration des eaux et polders de la Flandre orientale, Gent, Hoste.

10 Bijlagen

Bijlage 1 : grondplannen proefsleuven

